



# DECONSTRUCCIÓN HÍDRICA RESIDUAL

TIZAYUCA . Hidalgo

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura

Tesis que para obtener el título de Arquitectas presentan:

**Paulina Estefania Acevedo Huerta**  
**Jomara Lucía Martínez Rivera**

SINODALES

Mtra. Marcela Delgado Velasco  
Mtro. Daniel Daou Ornelas  
Mtro. Armando T. Hashimoto Hongo





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2020



<b>01</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	06
1.1	Seminario de Titulación Intersticios	14
1.2	Zona Metropolitana del Valle de México	16
1.2.1	Antecedentes de la ZMVM	
1.2.2	Blanco Hídrico	
1.3	Planteamiento del Problema	24
1.4	Hipótesis	26
1.5	Objetivos Generales y Particulares	27
1.6	Metodología de Investigación	28

<b>02</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	30
2.1	Crisis Climática	31
2.1.1	Causas y Consecuencias	
2.1.2	Vulnerabilidad Hídrica	
2.2	Ciudades	40
2.2.1	Metabolismo Urbano	
2.2.2	Infraestructura Urbana	
2.3	Mitigación, Adaptación y Resiliencia	46
2.4	Política Climática	48
2.4.1	México y la Crisis Climática	
2.5	Agricultura en México	51

<b>03</b>	<b>HÍBRIDOS INFRAESTRUCTURALES</b> .....	52
3.1	Ejes Infraestructurales	54
3.1.1	Agua	
3.1.2	Energía	
3.1.3	Residuos	
3.1.4	Biodiversidad	
3.2	Conceptualización de Híbrido	64

<b>04</b>	<b>ANÁLISIS REGIONAL</b> .....	72
4.1	Condición Geográfica	74
4.1.1	Clima	
4.1.2	Red Hidrológica	
4.1.3	Infraestructura Hídrica	

<b>05</b>	<b>ANÁLISIS MUNICIPAL</b> .....	80
5.1	Aspectos Socioeconómicos	82
5.1.1	Análisis Poblacional	
5.1.2	Actividades Económicas	
5.1.3	Crecimiento Urbano	
5.1.4	Vivienda Abandonada	
5.1.5	Manejo de Desechos Sólidos Urbanos	
5.1.6	Energía	
5.2	Medio Físico	91
5.2.1	Uso de Suelo	
5.2.2	Distribución Ejidal	
5.2.3	Cuenca Hidrológica	
5.2.4	Infraestructura Hídrica	
5.2.5	Contaminación Hídrica	
5.2.6	Degradación del Suelo	

<b>06</b>	<b>DECONSTRUCCIÓN HÍDRICA-RESIDUAL</b> .....	104
6.1	Síntesis Territorial	106
6.2	Análisis de sitio	108
6.2.1	Presa	
6.2.2	Desarrollo Habitacional	
6.2.3	Industria	
6.2.4	Verdaderías	
6.2.5	Agentes y Usuarios	
6.3	Proceso Conceptual	120
6.4	Análogos	130
6.5	Híbrido Infraestructural	134
6.5.1	Criterios Generales de Diseño	
6.5.2	Emplazamiento	
6.6	Sistema por capas	142
6.6.1	Hidrología	
6.6.2	Verdaderías	
6.6.3	Agricultura	
6.6.4	Espacio Público	
6.6.5	Equipamiento	
6.6.6	Infraestructura	
6.6.7	Vivienda	
6.7	Etapas de Desarrollo	162
6.8	Sector Sur	164
6.8.1	Humedal Artificial	
6.9	Estrategias Bioclimáticas	170
6.9.1	Biodigestor	
6.9.2	Paneles Fotovoltaicos	
6.9.3	Precipitación/Agua Pluvial	
6.10	Propuesta de Vivienda	180
6.11	Sistema Económico Local	194
6.12	Intervenciones Externas	195

<b>07</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	196
-----------	---------------------------	-----

<b>08</b>	<b>ANEXOS</b> .....	202
8.1	Análisis Regional	204
8.1.1	Geología	
8.1.2	Paleta Vegetal	
8.1.3	Uso de Suelo Ambiental	
8.2	Cuantificación Infraestructural	212

<b>09</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	218
9.1	Índice de Imágenes	220
9.2	Bibliografía	226

# CONTENIDO



## **AGRADECIMIENTOS**

## PAULINA ACEVEDO

Quiero agradecer por esta etapa "universitaria" que concluye; sin embargo vista de otra forma es el comienzo, es la memoria del pasado, la enseñanza del ayer, el sostén del espíritu que me genera libertad. Estoy agradecida por cada momento que me ha hecho cuestionar quien soy, de donde vengo y a donde quiero llegar.

Gracias a mis padres por procurarme, por el esfuerzo y sacrificio que han hecho y las oportunidades que me han brindado, por su paciencia y apoyo en todo momento. A mi tía por escucharme y ser una gran inspiración. A mi hermana por su alegría y dedicación, por ser mi cómplice en los momentos más difíciles. A mis abuelitos por su apoyo incondicional, por preocuparse en mis desveladas, y cuidarme a cada paso.

Gracias mis amigos, aquellos que fueron mi motivación y entusiasmo en los primeros semestres que aunque no continuamos juntos los sigo recordando con mucho cariño. Gracias a aquellos que en cuarto semestre fueron mi pilar de apoyo y no me deja-

ron rendir. Gracias a cada uno por esas noches en vela, los cafés, las risas, los breaks creativos y las aventuras compartidas. Gracias a mi equipo de tesis por el esfuerzo, el acompañamiento y los recuerdos que creamos juntos a lo largo del desarrollo de este documento.

Agradezco a la UNAM que ha sido mi segundo hogar en los últimos años, por brindarme una formación educativa de alta calidad y otorgarme la mejor experiencia de mi vida en mi intercambio académico. Gracias por las grandes oportunidades deportivas, culturales y sociales que me han permitido forjar mi carácter y desarrollarme personalmente.

Gracias a los profesores que han acompañado durante toda la carrera, por su compromiso, dedicación y amor a la docencia. Gracias por ser mi inspiración y empujarme a dar mi máximo en cada entrega.

¡Gracias por celebrar mis logros y ayudarme a perseguir mis metas!

## JOMARA MARTÍNEZ

Principalmente quiero agradecer y dedicar este trabajo de tesis a mis padres, que siempre me han apoyado en todo mi camino hacia este momento, a mi padre Delfino por todo el sacrificio que conllevó mi educación, estoy muy agradecida por la oportunidad que me brindaste de seguir mi sueño de ser Arquitecta y que me impulsaras a no conformarme con algo más fácil, a mi madre Lucía le agradezco todos los consejos que me ha dado en cada momento de mi vida y que gracias a ellos me he sobrepuesto a las situaciones difíciles a las que me he enfrentado, a ambos agradezco el impulso que siempre me han dado para salir adelante y es por ustedes que este día puedo sentirme orgullosa de los logros que he obtenido en mi vida.

A mis hermanas Talía y Jalma, les agradezco todos sus consejos y su comprensión, siempre me han animado a no rendirme y están conmigo cuando más las necesito, su ejemplo me ha dado las ganas de superarme a mí misma y dar lo mejor de mí, pues me han demostrado que perseverando puedo alcanzar las metas que me proponga.

A Alejandro que siempre estuvo a mi lado desde mi primer semestre en la facultad, te agradezco por creer en mí y por darme todo tu apoyo y cariño en los momentos en los que más lo necesitaba, siempre me diste la fuerza para sobrellevar los momentos más difíciles y siempre me brindaste tu ayuda en los momentos en los que creí rendirme.

A Javi y a Pau por el excelente trabajo que hicimos en estos últimos semestres de la carrera, estoy muy feliz y satisfecha por el proyecto que realizamos juntos, fue muy divertido ser parte de este equipo de trabajo y me quedo con muy buenas experiencias junto a ustedes.

También quiero agradecer al seminario de titulación Intersticios por el apoyo y la confianza que brindaron en mí y en mi trabajo; a todos los profesores que son parte del seminario que me otorgaron sus conocimientos y su pasión por la carrera, por un mejor futuro, cada uno aportó un gran valor a mi concepción de arquitectura y estoy muy agradecida por ello, a mis simodiales, les quiero agradecer la paciencia y perseverancia que tuvieron con todo este proceso de trabajo, cada opinión, cada crítica fue de gran ayuda para nosotros y se refleja en el trabajo presentado en este documento.

Finalmente, quiero agradecer a la Facultad de Arquitectura por la oportunidad que me dio de crecer académicamente, por enriquecer con cada semestre mis conocimientos sobre esta bella carrera, además me dio la oportunidad de rodearme de gente excepcional que día con día fomentó mi decisión de ser Arquitecta y con ello tener la certeza de saber que estoy en el lugar donde realmente quiero estar.



Las ciudades son las principales emisoras de gases de efecto invernadero (GEI) contribuyendo la mayor crisis que enfrenta el planeta actualmente: el cambio climático. Las variaciones ambientales generadas por los GEI causan estragos sistemáticos a nivel global a distintas escalas, abarcando ámbitos sociales, políticos y ambientales. Se evidencian en la pérdida de biodiversidad, el efecto de la isla de calor, incendios, sequías, acidificación, aumento del nivel de mar y vulnerabilidad en las zonas urbanas.

El siguiente trabajo se centra en el Valle de la Ciudad de México, donde en las últimas décadas se ha potencializado la crisis climática debido a la exacerbada expansión urbana, un metabolismo carente de un flujo circular de los recursos de abastecimiento y desalojo, y la falta de vinculación urbana con elementos naturales como los cuerpos de agua.

Al estudiar esta problemática, nació la pregunta sobre, ¿Cómo restablecer el medio natural e integrar los recursos hídricos y residuales al momento de habitarlo? Dando a la propuesta de un híbrido infraestructural que integre diversos componentes relacionados a la hidrología, el urbanismo, el sector energético y el residual para la interacción de múltiples procesos, con los

siguientes objetivos:

- Aminorar las emisiones de GEI por procesos industriales, desechos urbanos y aguas residuales.
- Disminuir la vulnerabilidad hidrológica y aumentar la concientización hacia los cuerpos de agua.
- Generar una economía local que fortalezca la cohesión social y ambiental inmediata.

Los híbridos infraestructurales propuestos se desarrollaron a través de una metodología de análisis paramétrico y de optimización bioclimática concluyendo en el modelo expuesto en el siguiente trabajo. Se propusieron sistemas y estrategias para el aprovechamiento de la energía solar y el agua pluvial además de recursos residuales que actualmente son desechados generando mayores contaminantes.

A través de estos híbridos, se propuso un metabolismo circular a partir de infraestructuras integradas al paisaje, que disminuyan la demanda de recursos y procesos industriales, contribuyan a la mitigación de los GEI y aminoren la vulnerabilidad de los habitantes ante ciertos factores del Cambio Climático.

Fig. 1.1; Vista aérea, plan maestro



La presente tesis para la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México parte del Seminario de Intersticios coordinado por la Mtra. Elena Tudela Rivadeneira y conformado por los profesores: Mtro. Armando Hashimoto Hongo, Mtro. Daniel Daou, Mtra. Marcela Delgado Velasco y la Dr. Adriana Lira Oliver.

Esta tesis presenta un proyecto urbano arquitectónico desarrollado con base en la metodología de diseño como investigación, que propone una exploración multidisciplinaria, multiescalar y multitemporal de acuerdo al entendimiento de procesos ambientales y bioclimáticos. La investigación y el proyecto se desarrollaron a lo largo de 2 semestres con la participación de Javier Castillo Perete.

La tesis consta de 10 capítulos, donde el primer capítulo presenta una breve introducción del sitio, la problemática, justificación y objetivos generales y particulares. En el capítulo 2 del marco teórico se expone la crisis climática y su relación con los centros urbanos. Además se mencionan algunas medidas de actuación para contrarrestar la crisis y la relevancia de los procesos infraes-

tructurales. En el capítulo 3 se desarrolla el concepto de híbrido infraestructural y se describen los componentes infraestructurales que conforman la propuesta. Los capítulos 4 y 5 describen En el apartado 4 y 5 se presenta la investigación y análisis del sitio en su escala regional y municipal, se concluye en estrategias generales y puntuales.

Posteriormente en el capítulo 6 se describe la propuesta urbana que se desenvuelve hasta su escala arquitectónica. Considerando en todos las etapas su relación con las premisas antes encontradas en la investigación y dando respuesta a la problemática principal del cambio climático. En el capítulo 7 se concluye el proyecto y se expresa la intención de abrir un nuevo paradigma para el modelo urbano y hacer relevante al diseño para enfrentar problemáticas globales.

Finalmente se presentan anexos de cálculos para el dimensionamiento y especialización de las infraestructuras, así como información bioclimática desarrollada en el Laboratorio de Entornos Sostenibles (LES UNAM).

Fig. 1.2: Vista aérea, Río de las Avenidas



## 1.1 Seminario de Titulación Intersticios: CAMBIO CLIMÁTICO Y RESILIENCIA EN LA ZMVM

El Seminario de titulación Intersticios en colaboración con el Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible (CIDS) del INFONAVIT, surge del interés por explorar los límites de las disciplinas del diseño (arquitectura, arquitectura de paisaje y urbanismo), y por abordar el urbanismo y el ámbito ambiental. El seminario aborda el Cambio Climático y resiliencia en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, cuestionando los modelos y procesos urbanos actuales y el papel que deben desempeñar los diseñadores para adaptarse y crear resiliencia ante la vulnerabilidad de la crisis climática. El taller a partir de una metodología de diseño como investigación busca generar conocimiento mediante un proceso intelectual y experimental que genere propuestas extrapolables, multiescalares y reproducibles, además de responder a la problemática planteada y a las realidades físicas, sociales y políticas.



Fig. 1.3: Trabajo de Seminario

El cambio climático, el mayor desafío al que se enfrenta la humanidad actualmente, es uno de los pocos temas mundiales que reclama la atención prioritaria de los líderes globales. La relación entre los entornos urbanos y el cambio climático es innegable: son las ciudades unos de los principales emisores de gases de efecto invernadero (GEI). Hoy más de 7,700 millones de personas habitan el planeta y más del 50% lo hace en ciudades, generando la mayor vulnerabilidad y atención (UNFA, 2020).

En el caso de México la mayor concentración urbana se localiza en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) con un área de 9,560 km<sup>2</sup>. (PAOT, 2010). De acuerdo con el Sistema Urbano Nacional (2018), la ZMVM constituye la cuarta aglomeración más grande del mundo, con más de 20 millones de habitantes, cifra que equivale al 17% de la población nacional. Durante las últimas tres décadas la dinámica de crecimiento de la ZMVM ha ocasionado un gran impacto ambiental con el aumento de GEI y la sobreexplotación de recursos naturales, provocando además exclusión social y vulnerabilidad en todo su territorio por rezagos elementales como la dotación de infraestructura urbana.

Considerando la migración del 68% de la población a las ciudades para el 2050, lo que involucra el incremento de los habitantes de la ZMVM a 24 millones 500 mil para el 2035 (ONU, 2018), el taller se cuestiona las oportunidades de un cambio en el paradigma del diseño urbano y su posible intervención, considerando así la ZMVM como área de estudio.

Fig. 1.4: Trabajo grupal



## 1.2 Zona Metropolitana del Valle de México

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es el área conurbada conformada por las 16 alcaldías de la Ciudad de México (CDMX), 59 municipios del Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo. Esta delimitación refleja una apreciación real de la demarcación de la ciudad, considerada como el núcleo donde ocurren las interrelaciones económicas, sociales y culturales, y una periferia que abarca las áreas de abastecimiento y disposición de desechos.

El crecimiento demográfico de la ZMVM ha pasado de 2.9 millones de habitantes en 1950 a 20.1 millones en 2010, posicionándose como la aglomeración más poblada de América Latina (Aguilar, 2016). En la última década el incremento poblacional (1.2%) ha contrastado con la expansión urbana (3.3%), en parte por la localización periférica de la oferta de vivienda formal. Esto ha predominado el crecimiento disperso hacia las periferias, en contraste con algunos principios de la ciudad compacta, este tipo de crecimiento compromete en mayor medida al sector infraestructural y ha potencializado la carencia de agua potable (Aguilar, 2016). La densidad urbana se ha mantenido constante desde 1990 a la actualidad con aproximadamente 130 hab/ha. (SUN, 2018; SEMARNAT, 2010).



La importancia del agua es indudable, muchos sectores y sistemas tales como el agropecuario, industrial, habitacional, entre otros, dependen de los recursos hídricos. La expansión urbana ha conducido a la sobreexplotación del acuífero resultando en problemas de abastecimiento y alteraciones en la calidad del recurso. Además con la consecuente pérdida de cubierta vegetal por la urbanización se ha provocado la insuficiencia de recarga de agua subterránea aumentando el riesgo de hundimiento por la compactación de capas arcillosas. Adicionalmente, se presentan problemas de captación de aguas pluviales y excesiva generación de aguas residuales, con poca cantidad de reuso (SMA, 2007 citado por PAOT, 2010).

Fig. 1.5: Población de la ZMVM

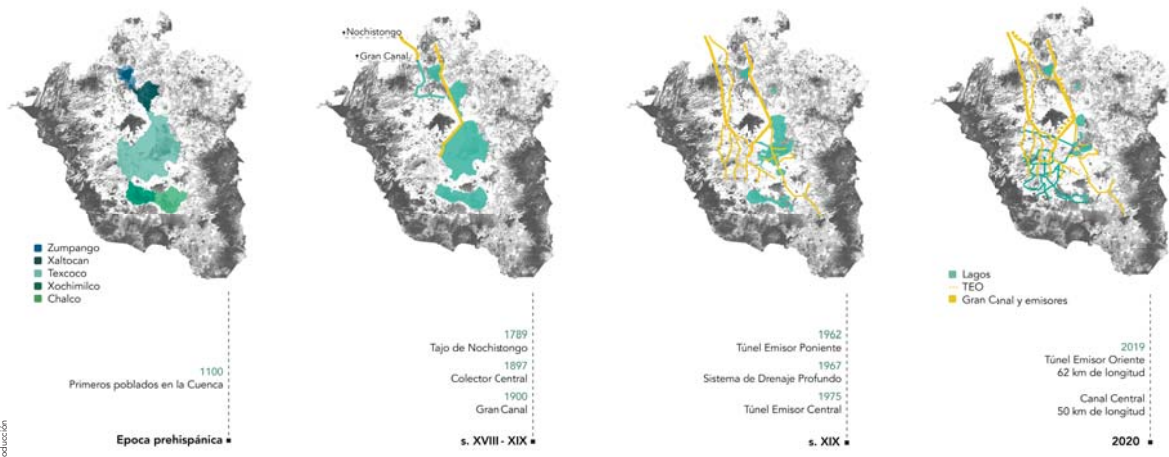


Fig. 1.6; Historia Hídrica ZMVM

### 1.2.1 ANTECEDENTES DE LA ZMVM

La ZMVM está situada dentro de una cuenca endorreica, accidente geográfico que capta los escurrimientos de agua provenientes de las montañas sin contar con un desagüe natural al mar, por lo que se forman grandes cuerpos de agua, en este caso el lago de Texcoco.

El lago de Texcoco al noroeste de la Cuenca de México formaba parte de un sistema lacustre de aproximadamente 2 mil km<sup>2</sup> conformado además por los lagos de Zumpango, Xaltocan, Xochimilco y Chalco.

En la parte suroeste del lago de Texcoco estuvo asentada la antigua ciudad de Tenochtitlan, civilización responsable de grandes obras hidráulicas para evitar inundaciones, para el abastecimiento de agua potable y el rendimiento de tierra cultivable. Crearon una compleja red de soluciones interrelacionadas permitiendo un perfecto trabajo en sincronía y ajustándose al ecosistema, sin embargo con la llegada de los españoles y la disposición de Tenochtitlan como el centro de control político y militar de la Nueva España se realizaron cambios en la red hidráulica que desencadenaron en la desecación del lago de Texcoco. En la actualidad únicamente se conserva menos del 2% de la antigua zona lacustre, equivalente a 35km<sup>2</sup> (Ávila, 2015).

### 1.2.2 BALANCE HÍDRICO

Actualmente en la ZMVM, el modelo hídrico para los procesos de abastecimiento, drenaje y saneamiento de aguas residuales funcionan mediante sistemas individuales sin contemplar las interrelaciones que existen entre ellos. Estos sistemas además cuentan con niveles de cobertura distintos, el abastecimiento de agua potable tiene el porcentaje de mayor cobertura, posteriormente el drenaje urbano y finalmente el saneamiento de las aguas residuales.

El sistema de abastecimiento de agua se suministra por 4 fuentes principales pertenecientes a la Cuenca del Valle de México: el Acuífero del Valle de México, responsable del 48% de abastecimiento; ríos y manantiales, responsables del 14%; el Sistema Cutzamala (Estado de México, Michoacán) con 27% de abastecimiento y el Valle de Lerma con 11% de abastecimiento (Monroy, 2017 citado por agua.org, 2018). Por lo que el sistema en conjunto tiene un gasto promedio de 32.019 m<sup>3</sup>/s, sobreexplotando el acuífero con 17.79m<sup>3</sup>/s y siendo aun así insuficiente para la demanda poblacional estimando un déficit de 3m<sup>3</sup>/s (SACMEX, 2019).

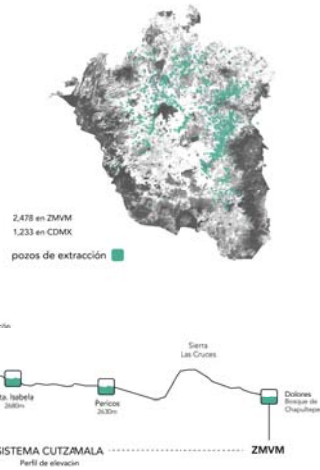


Fig. 1.7: Abastecimiento Hídrico ZMVM

El drenaje urbano de la ZMVM está configurado por 177 km de túneles profundos. Desde siglo XV al XX, para desaguar el agua residual de la Cuenca se realizaron numerables obras hidráulicas como el Tajo de Nochistongo inaugurado en 1789, el Gran Canal de Desagüe, puesta en marcha la primera fase en 1900, el Emisor Poniente (1962) y el Emisor Central (1975) principal componente de drenaje profundo, estas infraestructuras siguen constituyendo actualmente el sistema de desagüe de la CDMX. En el 2019 se implementó el Emisor Oriente que se une a estos sistemas de desalojo de aguas.

El desalojo de las aguas residuales en parte se realiza hacia el Valle del mezquital en Hidalgo para uso en riego, lo cual trae una serie de problemáticas a los municipios del norte de la ZMVM.

En cuanto al sistema de saneamiento y reuso, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) cuenta con 26 plantas de tratamiento, 34 rebombos de agua residual tratada y 4 tanques de agua tratada; sin embargo, esta infraestructura no permite atender la demanda de los servicios en la entidad, en promedio se tratan 280,407 m<sup>3</sup> por día de agua residual, lo que corresponde al 19.75% del total del desalojo. (SACMEX, 2018)

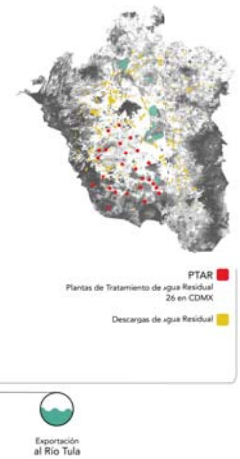


Fig. 1.8: Drenaje y Tratamiento Hídrico ZMVM

El crecimiento poblacional acelerado ha modificado sustancialmente el ciclo hidrológico, definido como el proceso biogeoquímico de circulación del agua entre los distintos compartimientos de la hidrosfera. En una aglomeración como lo es la ZMVM el carecer de un equilibrio en la cobertura de recursos hídricos genera una compleja problemática en el manejo y dotación de los servicios del agua. En especial por la magnitud de usuarios industriales y domésticos que demandan volúmenes considerables y por consiguiente un desajolo de igual manera.

La Cuenca del Valle de México no tiene la capacidad hídrica para satisfacer las demandas de los usuarios, no hay un equilibrio en la disponibilidad del agua superficial y subterránea, lo que propicia la sobreexplotación de los acuíferos y por consiguiente el hundimiento del sedimento. Esta consolidación del subsuelo ha afectado el funcionamiento de la red de drenaje (que trabaja por gravedad), por la presencia de hundimientos diferenciales que generan contrapendientes y fracturas en los conductos. Presentando también afectaciones en la red de abastecimiento, pues el 35% de agua potable se pierde mediante fugas en un porcentaje ocasionadas por fracturas (SACMEX, 2018)

El déficit y desabasto de agua potable por la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento, las inundaciones frecuentes durante las temporadas de lluvia, la degradación del medio ambiente por el vertido de aguas residuales sin tratamiento a los cuerpos de agua y los hundimientos del terreno por la sobreexplotación de agua subterránea, son acciones que ponen de manifiesto el colapso paulatino del recurso hídrico. Asimismo la alteración del ciclo hidrológico intensifica el cambio climático, debido a sus distintos procesos que conllevan cambios de estado, contribuyentes al calentamiento o enfriamiento de las masas de aire, y al transporte neto de calor desde las latitudes tropica-

les o templadas hacia las frías y polares.

En conclusión, se observa una problemática compleja que requiere de medidas drásticas mediante una participación multidisciplinaria que involucre la colaboración de las ciencias y la planeación territorial y de servicios, ligados a una administración articulada de los servicios de agua, para así poder alcanzar un balance hídrico.

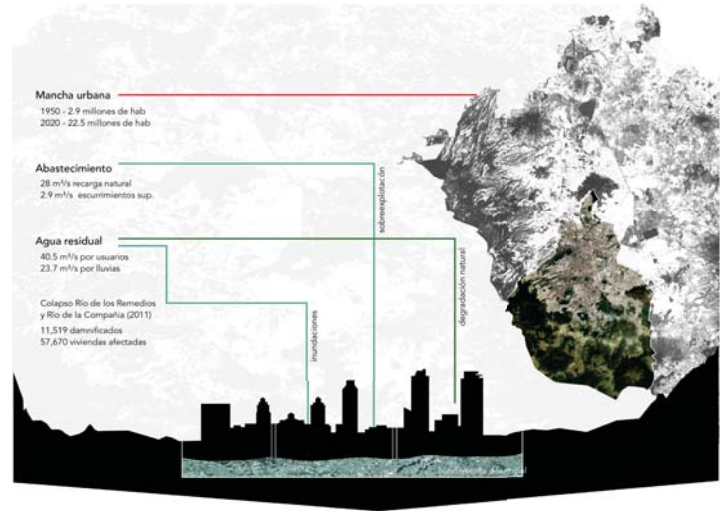


Fig. 1.9; Balance Hídrico ZMVM

### 1.3 Planteamiento del Problema

El desecamiento de la zona lacustre y la expansión urbana a lo largo de los años han constituido una fuerte segmentación del Valle con su entorno; protegiendo a los asentamientos urbanos por medio de infraestructuras que funcionan como barrera de posibles interacciones con el medio natural. Los escasos cuerpos de agua del antiguo sistema han sido utilizados únicamente con propósitos residuales, como es el caso del noroeste de la ZMVM, en primer lugar con el lago de Zumpango, el cual actualmente funciona como vaso regulador y de almacenamiento de los excedentes del Río Cuautitlán y del Emisor Poniente. En segundo lugar, la presa El Manantial (Tizayuca), receptora de la totalidad de aguas negras de diversos fraccionamientos, conectada por medio del Río de las Avenidas con el lago de Zumpango. Esta disposición residual genera estragos en los ecosistemas con pérdida de aves migratorias y alteraciones climatológicas, propicia enfermedades por estancamiento de agua residual y su esparcimiento en zonas de cultivo y genera pérdidas económicas y sociales.



Fig. 1.10; Descarga residual en Río de las Avenidas

El sur de Tizayuca ha sido uno de los territorios afectados por el crecimiento de la ciudad y la inexistente planeación urbana. A partir del año 2000 se han construido desarrollos habitacionales en suelos agrícolas, sin el estudio adecuado de la zona. Se han dispuesto a una distancia sustancial de los centros urbanos lo que propicia el colapso del sistema vial y de transporte público. Además no se han considerado los equipamientos necesarios para un desarrollo de tal magnitud en un área periférica, ni las infraestructuras adecuadas; en cuestión hídrica las aguas negras desembocan directamente en la presa El Manantial.

El crecimiento poblacional en Tizayuca los últimos años ha sido de 7.72% anual, rebasando los dos escenarios programáticos de crecimiento denominados: Óptimo (3.58%) y Tendencial (5.0%) propuestos en el Programa de Desarrollo Urbano del Territorio Municipal de Tizayuca. En 2010 se registraron de acuerdo a INEGI 97,461 habitantes con 47,483 viviendas en el municipio. De acuerdo con estos datos se tuvo un aumento del 347% de viviendas del 2000 al 2010, no obstante 47% de estas se encuentran desocupadas. (PMDUOTT, 2013). Para el año 2040 se prevé una población de 906,448 habitantes ; es decir un aumento del 930%, con respecto al censo del 2010.



Fig. 1.11; Desarrollo residual en Río de las Avenidas

Fig. 1.11; Fraccionamientos Tizayuca

## 1.4 Hipótesis

La generación de sincronía de infraestructuras multiescalables hídricas, energéticas y residuales, generará una estabilidad y resiliencia por la interacción de múltiples procesos. Estas infraestructuras dispuestas en el territorio por medio del paisaje vinculadas con tipologías de vivienda, equipamiento, áreas verdes y vialidades permitirá una cohesión cultural y socioeconómica en la zona de implementación, y fortalecerá la relación entre el desarrollo humano y el medio ambiente. Estos factores por sí mismos disminuirán la vulnerabilidad hídrica local y la inestabilidad ante el cambio climático.



Fig. 1.12; Río de las Avenidas

## 1.5 Objetivos

### OBJETIVOS GENERALES

- Conformar un híbrido infraestructural de acuerdo con las necesidades hídricas, energéticas y residuales del entorno de la presa El Manantial (Tizayuca).
- Implementar las infraestructuras urbanas del híbrido utilizando como medio el paisaje.
- Articular dichas infraestructuras con las realidades sociopolíticas, culturales y sociales de Tizayuca.
- Disminuir la vulnerabilidad hidrológica mediante el balance hídrico local.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- Restaurar la presa el Manantial
- Proponer un nuevo modelo de vivienda que forme parte del híbrido infraestructural sin perder la relación con el medio físico natural.
- Crear un nuevo esquema de reactivación económica local que tenga como punto central la presa El Manantial.
- Dar a los habitantes del municipio espacios de recreación y concientización del medio físico natural que los rodea

Fig. 1.13; Presa El Manantial



## 1.6 Metodología de Investigación

La metodología del seminario es el diseño como investigación, que se basa en el planteamiento de un diseño como hipótesis que posteriormente se pone a prueba con base en objetivos específicos, para después ser mejorado en una siguiente iteración. El diseño propuesto en esta tesis se basó en el metabolismo de las urbes y en las infraestructuras que lo conforman. Se analizaron las infraestructuras de acuerdo a su posible intervención como medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático. Para su estudio se clasificaron en 4 ejes: Agua, Energía, Residuos y Biodiversidad.

Posteriormente se definió cada tipo y familia de componentes con base en los procesos y flujos materiales y energéticos llevados a cabo a través de éstos, definiendo los parámetros materiales y energéticos que alimentan al componente (datos de entrada o inputs) y los que son producidos después de los procesos que se llevan en los componentes (datos de salida u outputs). Se procedió a crear un híbrido extrapolable y multiescalable, integrando diferentes componentes infraestructurales, formando un sistema que genera su propio metabolismo y minimiza cualquier desperdicio, al integrar los flujos materiales y energéticos. Más adelante se relacionó el híbrido con tipologías de vivienda, equipamiento, áreas verdes y vialidades para responder a dinámicas sociales, económicas y culturales dentro del contexto planteado.

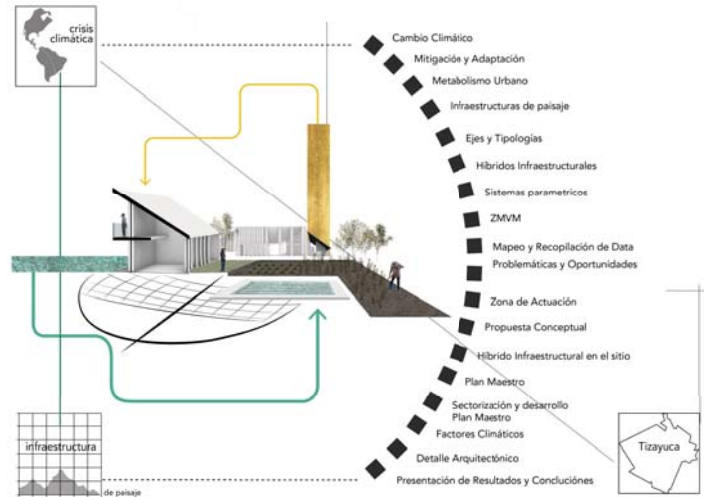
A la par de este proceso se llevó a cabo el análisis de sitio a una escala regional, estatal y municipal. Se analizaron las problemáticas hídricas, residuales y energéticas y su repercusión en el ámbito social, ambiental y económico para la generación de un híbrido infraestructural que responda a las necesidades y oportunidades específicas de Tizayuca. Este híbrido se trabajó utilizando la herramienta computacional Grasshopper, para rela-

cionar y traducir los parámetros hídricos, energéticos y residuales en dimensiones espaciales, áreas y volúmenes. Asimismo se estudiaron los factores bioclimáticos involucrados tanto en los procesos como en las tipologías para optimizar su desempeño.

Posteriormente se estableció una propuesta de vivienda en respuesta a la problemática, basada en relación de sinergia con las infraestructuras propuestas. Se procedió al diseño tomado como modelo el paisaje para la urbanización, dando como resultado un panorama inmerso en flujos continuos de procesos. Finalmente se desarrolló un cluster de 7 ha para definir un conjunto arquitectónico y visualizar la relación de las infraestructuras con las tipologías. Se trabajaron los vínculos sociales, culturales y económicos con distintos equipamientos.

De esta manera se plantea un proyecto urbano-arquitectónico de paisaje multiescalar, a partir del cual se cuestiona la manera de habitar las periferias de las urbes densamente pobladas y propone estrategias integrales que responden a la problemática global del cambio climático.

Fig. 1.14; Cronograma de Metodología







En este capítulo se expone la parte teórica sobre la cual se sustenta el diseño del estudio y la propuesta urbano arquitectónica. El marco teórico está constituido de la presentación de postulados de distintos profesionales, lo que permite una visión completa de las problemáticas a atender y la metodología de estudio en las fases de observación, experimentación, diseño y conclusión.

En la investigación se aborda la crisis climática, sus causas y consecuencias globales y particulares de la Zona metropolitana del Valle de México. Se estudia el funcionamiento y metabolismo urbano de las ciudades en función de las infraestructuras que se albergan en ellas. Posteriormente se abarcan las medidas de adaptación, mitigación y resiliencia para contrarrestar la crisis climática y la manera en que se han desarrollado políticamente en México y en la ZMVM. Finalmente se estudia el impacto ambiental de la agricultura y la factibilidad económica, social y ambiental de una propuesta agro-urbana.  
Cambio Climático

## 2.1 Crisis Climática

El cambio climático se define como la alteración del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima; considerando al clima como el promedio de condiciones meteorológicas de un lugar en particular en un periodo promedio de 30 años de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (CMNUCC citado por IPCC, 2018).

A lo largo del tiempo se han observado irregularidades en las oscilaciones de la temperatura global debido a alteraciones en las corrientes eólicas y en las corrientes marítimas, generando modificaciones en el clima. Sin embargo posterior a la revolución industrial se destaca un aumento exponencial de temperatura (crisis climática) debido a actividades humanas. Actualmente se estima una elevación de temperatura global con respecto a los niveles preindustriales de 1°C; si se continúa al ritmo actual en cuanto a las actividades antropogénicas es posible el aumento de temperatura a 1.5°C entre el año 2030 y 2050 (IPCC, 2018).

El aumento de temperatura responde a la acumulación de gases de efecto invernadero de origen antropogénico en la troposfera (primer capa de la atmósfera), puesto que no permiten la salida de rayos infrarrojos (onda corta) ocasionados por la superficie terrestre a partir de rayos ultravioleta (onda larga).

Fig. 2.1: Afluente Río Papalote

El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) son gases de efecto invernadero (GEI) primarios de la atmósfera terrestre; no obstante el mayor porcentaje de su presencia en la atmósfera es originado por actividades humanas. Asimismo, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropogénico como los halocarburos (Benavides, H. & León, G. 2007).

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con una presencia en la atmósfera del 53% es originado principalmente por la quema de combustibles fósiles para procesos industriales y de transporte e indirectamente causado por la deforestación. La generación de metano (CH<sub>4</sub>) se debe a la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos. En mayor medida por actividades agrícolas, la disposición de los residuos sólidos y el tratamiento anaerobio de aguas residuales. Contribuye en un 15% a los GEI. El óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero. Su fuente más importante son las emisiones generadas por suelos agrícolas y en menor grado por el consumo de combustibles fósiles para generar energía y las emitidas por descomposición de proteínas de aguas residuales domésticas. El vapor de agua es un GEI de origen natural, sin embargo, el forzamiento radiativo producido por el incremento en las concentraciones de otros gases puede afectar indirectamente el ciclo hidrológico (Benavides, H. & León, G. 2007).



Fig. 2.1; Gases de Efecto Invernadero

## 2.1.1 CAUSAS DE LA CRISIS CLIMÁTICA

Molina, Sarukhán y Carabias (2019) señalan que hay tres factores principales que derivan en la problemática de la Crisis Climática:

- 1) El crecimiento poblacional desmedido de los seres humanos.
- 2) La demanda de recursos y energía de cada habitante, la cual sigue incrementando con el paso del tiempo.
- 3) El tipo de tecnologías usadas para el desarrollo económico e industrial, en su mayoría perjudiciales para el ambiente.

Actualmente se estima que la mitad de la población es responsable del uso del 75% de los recursos naturales del planeta extraídos y manufacturados en su mayoría con tecnologías de combustible fósil (UNFA, 2019). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019) se prevé un crecimiento hasta el final del siglo XXI con la culminación de 11.000 millones de personas, considerando un aumento de 2.000 millones en los próximos 30 años. Las tasas de crecimiento varían significativamente según la región, y estos cambios resultantes en el tamaño, la composición y la distribución de la población tienen consecuencias importantes para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), acordados a nivel mundial para alcanzar mejoras en la prosperidad económica, el bienestar social y la protección del medio ambiente.

Fig. 2.2; Causas de Crisis Climática



Crecimiento Poblacional

Demanda de recursos

Uso de combustibles fósiles

## 2.1.1 CONSECUENCIAS DE LA CRISIS CLIMÁTICA

La consecuencia directa de la modificación del clima por el efecto de la acumulación de GEI en la atmósfera es la elevación de temperatura. Este fenómeno no se propaga de manera homogénea a todas las regiones del planeta, no obstante si genera cambios considerables en distintos componentes del sistema climático en todo el globo, manifestándose en consecuencias físicas que condicionan la vida de todos los seres vivos. (Molina, Sarukhán, Carabias, 2019). Las afectaciones que sufrirá la Zona Metropolitana del Valle de México a causa del incremento de temperatura y la acumulación de GEI son:

- Aumento del fenómeno de Isla de Calor Urbana
- Cambios abruptos del clima
- Afectaciones a la salud
- Modificaciones en los ecosistemas
- Pérdida de biodiversidad
- Migraciones masivas
- Vulnerabilidad Hídrica

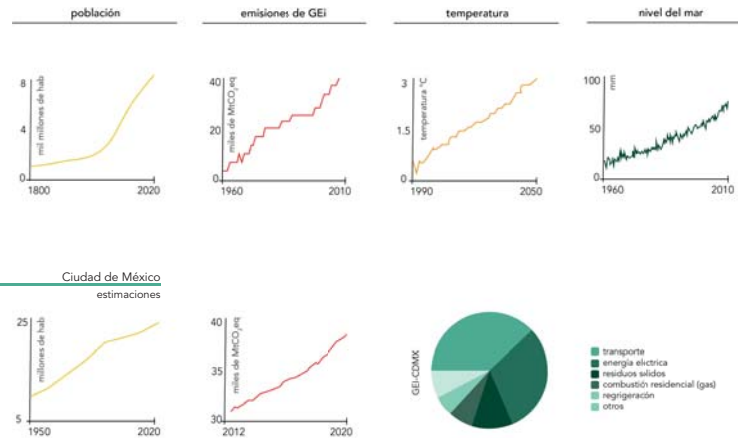


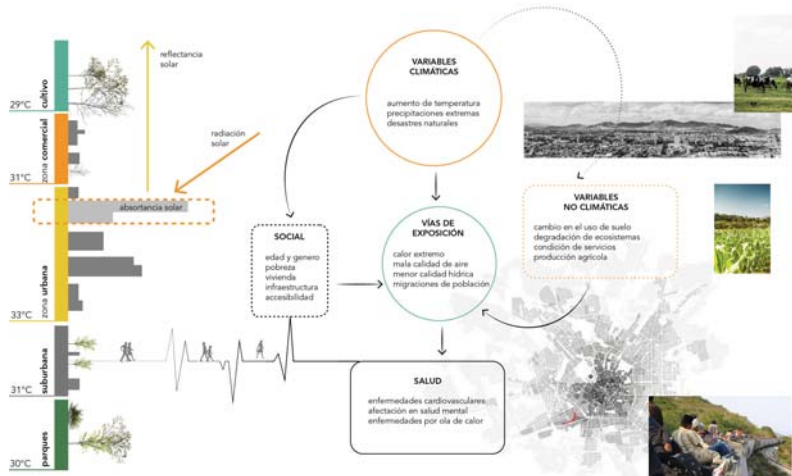
Fig. 2.3: Estimaciones Mundiales y de la CDMX

### ISLA DE CALOR

La Isla de Calor se da cuando el calor relativo de una ciudad es de mayor magnitud respecto al de las áreas circundantes por la mayor acumulación de GEI, las alteraciones hidrológicas, los efectos en la retención de calor y las variaciones del albedo superficial (IPCC, 2018). La retención incrementa de acuerdo a las propiedades ópticas de reflectancia y absorptancia solar de los materiales constructivos. Este incremento en la temperatura trae diferentes consecuencias como la intensificación del sobrecalentamiento en los edificios y disconfort térmico de sus ocupantes. Adicionalmente, una temperatura del aire más elevada tiende a incrementar las demandas de enfriamiento resultando en mayores consumos de energía dentro de los edificios (Arraiga, 2012).

### AFECTACIONES EN LA SALUD

El IPCC (2007), resalta que los efectos en salud serán principalmente cargas adicionales en enfermedades diarreicas, desnutrición, enfermedades cardiorrespiratorias e infecciosas; aumentará la morbilidad producto de olas de calor, inundaciones y sequías, presentándose cambios en el comportamiento de enfermedades transmitidas por vectores. Estas repercusiones afectarán de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables, tales como los niños pequeños, los ancianos, los enfermos, los pobres y las poblaciones aisladas (COFEPRIS, 2017).



### PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

La pérdida y deterioro de los hábitats es la principal causa de pérdida de biodiversidad. Al transformar los ecosistemas en campos agrícolas, ganaderos, carreteras y zonas urbanas se ven afectados los hábitats de miles de especies. Los cambios de temperatura y humedad generan que especies enteras no puedan conseguir las condiciones adecuadas para reproducirse y se vean obligadas a migrar. Esto ocasiona un desequilibrio en la cadena alimenticia y una pérdida paulatina del ecosistema.

De acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad se ha perdido alrededor del 50% de los ecosistemas naturales en México (Sarukhán, 2018).

### MIGRACIONES MASIVAS

En las próximas décadas, el cambio de temperatura, la vulnerabilidad ante desastres naturales, la disminución de recursos, acelerará y forzará a millones de personas a abandonar sus hogares hacia zonas urbanas extremadamente pobladas; como es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (Garza, 2018). 10 por ciento de los mexicanos entre los 15 y 65 años podrían intentar emigrar al norte como resultado de las altas temperaturas, inundaciones y sequías (Koko Warner et al. 2009 recuperado de Garza, 2018).

Fig. 2-4. Consecuencias de Crisis Climática

### 2.1.2 VULNERABILIDAD HÍDRICA

El sistema climático y sus variaciones son condicionantes al rango de circulación de los recursos hídricos disponibles. Los cambios en la temperatura y precipitación, combinados con cambios en la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos, tendrán amplias implicaciones que afectarán el suministro, calidad y distribución de los recursos hídricos para millones de personas (Kundzewicz et al. 2007 citado por Sánchez, 2020).

El agua es un recurso variable regional y localmente. Así como la vulnerabilidad hídrica asociada, los peligros como las lluvias torrenciales o sequías también difieren según las regiones. De acuerdo con las simulaciones del CMIP5 (Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 5, por sus siglas en inglés) para los recursos hídricos se esperan efectos contraproducentes para la estabilidad socio ambiental, los cuales quedan resumidos de la siguiente manera:

- La precipitación media global aumenta en un mundo más cálido sin embargo tiende a disminuir en latitudes subtropicales particularmente en el Mediterráneo, América Central y México. Se esperan sequías en la ZMMV y un mayor estrés en el abastecimiento hídrico (Jiménez-Cisneros, 2014).



Fig. 2.5; Presa El Manantial

- Tanto la cantidad como la calidad de los recursos hídricos son afectados por la agricultura. Los sistemas de riego para el cultivo pueden ocasionar dificultades hídricas como el abastecimiento local, la reducción en la infiltración, la erosión del suelo y la contaminación de agua por lixiviación. Asimismo la producción agrícola y el abastecimiento alimenticio a las grandes urbes se verá afectado en sumas considerables (Jiménez-Cisneros, 2014).

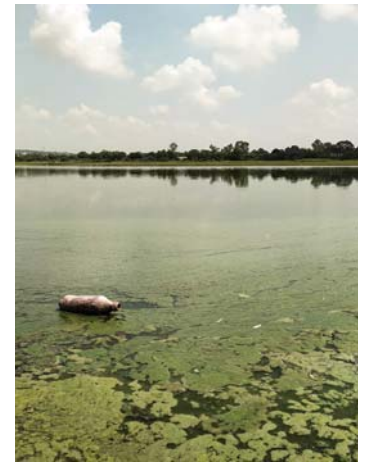


Fig. 2.6; Contaminación Presa El Manantial

## 2.2 Ciudades

En la reconfiguración de lo que entendemos o reconocemos como ciudad y sus límites, más allá de lo meramente administrativo, para reconocer la importancia de estas en el marco de la crisis climática y la importancia de su estudio y preocupación actual, es común ver a las urbes solo como el área donde ocurren la mayor cantidad de interacciones económicas, sociales y culturales, sin embargo, se deben extender sus límites hacia su zona de influencia: a las áreas de abastecimiento y a las zonas de desechos.

Las ciudades son sistemas híbridos derivados en primera instancia por la evolución geológica y biológica, son el resultado de la simultaneidad de procesos humanos y naturales en el mismo tiempo y espacio (McHarg 1969, Alberti, 2008). Las ciudades son redes densas de interconexiones socioespaciales que son sincrónicamente humanas, materiales, naturales, discursivos, culturales y orgánicos. La gran cantidad de transformaciones y metabolismos que apoyan y mantienen la vida urbana, siempre combinan procesos ambientales y sociales como infinitamente interconectados. En otras palabras la ciudad es un proceso de urbanización de la naturaleza (Kaika, M. y Swyngdouw, E., 2000).



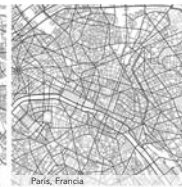
Ciudad de México, México



Barcelona, España



Roma, Italia



París, Francia



Ámsterdam, Países Bajos

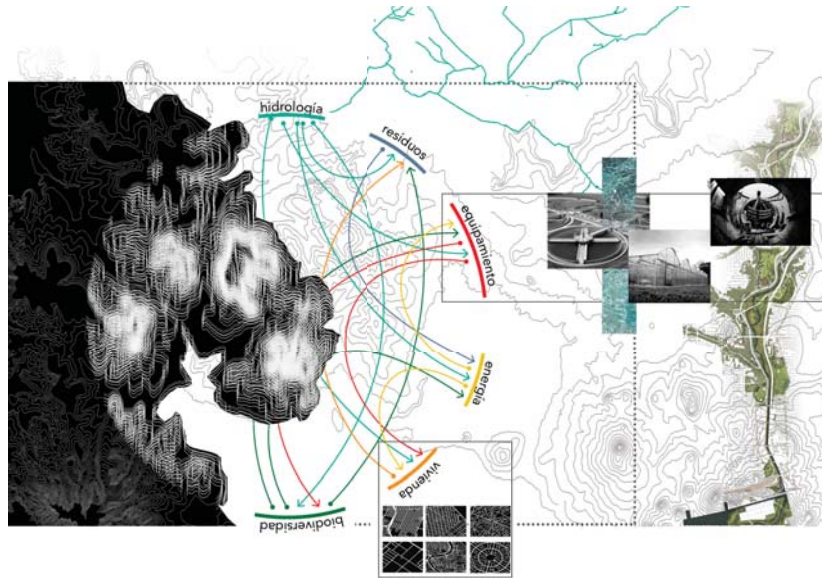
Fig. 2.7; Ciudades del Mundo

## 2.2.1 METABOLISMO URBANO

El término metabolismo urbano surge para dar respuesta al problema de la cuantificación y cualificación de los procesos que dan forma a las actividades en las ciudades, haciendo analogía con el cuerpo de un ser vivo. Las ciudades se alimentan, procesan lo consumido generando energía y finalmente lo desechan. Abel Wolman (1965) definió al metabolismo como la suma de procesos técnicos y socioeconómicos además de la suma de materiales y comodidades en las ciudades que derivan en el crecimiento, desarrollo y generación de desechos.

La importancia del estudio de los elementos durante el proceso de obtención, uso y desecho también radica en el reconocimiento de los procesos y la generación de gases de efecto invernadero. La estabilidad y resiliencia de la ciudad surge de la interacción de múltiples procesos (metabolismo) de distintas escalas interconectados para su propia organización (Alberti, M. 2008).

Inevitablemente la progresión tanto de la naturaleza como de la civilización produce desperdicios y muchas ciudades funcionan bajo un metabolismo donde los recursos que ingresan se desalijan después de un exclusivo uso. Por lo tanto, la clave para un nuevo modelo resiliente es apreciar los desechos nuevamente como recursos naturales y poder generar bucles de flujos (Berger, A. 2009). Al generar conexiones de insumos y desechos en distintos procesos se puede reducir la demanda de recursos que abastecen a una población, con base en esto, se pueden identificar las infraestructuras adecuadas y las intervenciones para una óptima planificación. Adicionalmente al reducir la extracción y provisión de insumos se beneficia a largo plazo la economía de la ciudad y se minimizan las emisiones de gases de efecto invernadero.



*"The metabolism implies circulation, exchange and transformation of material elements. As matter moves, it becomes "enrolled" in associational networks that produce qualitative changes and qualitatively new assemblages. While the newly produced "things embody and reflect the processes of their making (though a process of internalization of dialectical relations - see Harvey (1996)), they simultaneously differ radically from their constituency relational parts." (Swyngedouw, E. 2006, Pág.27)*

Fig. 2.8: Metabolismo Urbano

## 2.2.2 INFRAESTRUCTURA URBANA

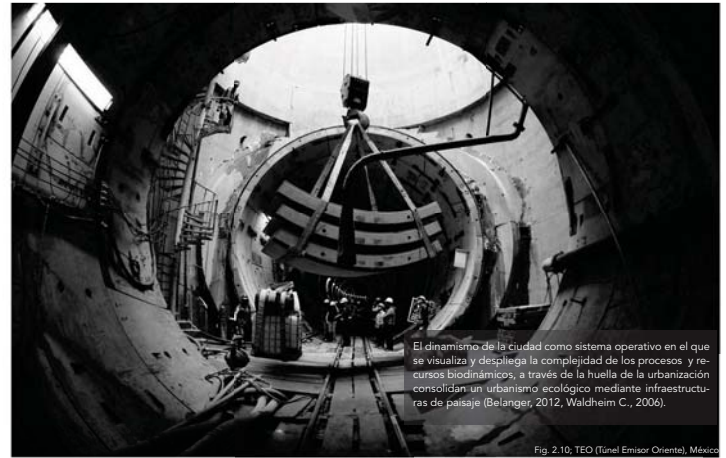
La infraestructura urbana es un sistema para facilitar los servicios. Más que un producto final en sí mismo, es la interfaz por medio de la cual interactuamos con el medio biológico y tecnológico (Belanger, 2012). Las infraestructuras generan impactos sociales y ambientales, además traen consigo beneficios a las comunidades en las que se implementan, esto quiere decir, que existe una influencia ambiental que responde a una amplia gama de variables. Se podría mencionar que los beneficios de la implementación de infraestructuras puede verse reflejado en:

- Minimizar la intensidad material y energética de los bienes y servicios
- Minimizar la dispersión tóxica
- Aumentar la reciclabilidad de los materiales
- Maximizar el uso de recursos renovables
- Ampliar la durabilidad del producto
- Aumentar la eficiencia de los servicios

La formación de una metrópolis como interacción humana con la naturaleza, perfila al paisaje como un modelo para el urbanismo. El paisaje como centro de la configuración, materialidad y rendimiento de las superficies horizontales nos ayuda a comprender los sistemas dinámicos de la ciudad que se operan bajo infraestructuras (Waldheim C., 2006).



Fig. 2.9; Qunli Stormwater Wetland Park, Japón



El dinamismo de la ciudad como sistema operativo en el que se visualiza y despliega la complejidad de los procesos y recursos biodinámicos, a través de la huella de la urbanización consolidan un urbanismo ecológico mediante infraestructuras de paisaje (Belanger, 2012, Waldheim C., 2006).

Fig. 2.10; TEO (Túnel Emisor Oriente), México



### 2.3 Mitigación, Adaptación y Resiliencia

El calentamiento global sitúa a la población en un estado de vulnerabilidad comprendiendo susceptibilidad al daño y falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2018), englobando las consecuencias de la crisis climática. Para la disminución del riesgo presente el IPCC propone medidas conjuntas en dos apartados: la mitigación y la adaptación. La mitigación está destinada a reducir las emisiones o mejorar los sumideros de GEI, en otras palabras lo que busca es reducir la amenaza. Las medidas de mitigación de acuerdo al IPCC se desenvuelven entre la reducción de la intensidad energética y de los recursos, la tasa de descarbonización y la dependencia respecto a la remoción del dióxido de carbono, lo cual genera una tensión en la forma de urbanización y desarrollo de las futuras y actuales ciudades.

Por otro lado se conoce como adaptación al proceso de ajuste que realizan las sociedades frente a condiciones actuales o esperadas del clima y a sus efectos, con la finalidad de disminuir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad de recuperación de las condiciones de las que depende el bienestar tanto humano como de los ecosistemas (Molina, 2010). Las medidas de adaptación involucran invariablemente la gestión de riesgos ya que se deben aplicar políticas y estrategias de reducción y prevención de desastres, contribuyendo con ello al fortalecimiento de resiliencia y a la reducción de las pérdidas por desastres.



Considerando la resiliencia como la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosos, respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2018). La presente tesis aborda la resiliencia frente al cambio climático dentro del marco ambiental y/o ecosistémico, la sostenibilidad urbana y el componente urbano.

La adaptación y mitigación requieren transformarse en política pública para poder actuar y lograr beneficios para la sociedad; se necesita un nuevo modelo de desarrollo que proponga la creación de instituciones, fondos, programas y un sistema de inversión (Sánchez, 2011). Esto implica una continua comunicación entre académicos (ciencia) y gobierno (sector de toma de decisiones) facilitando el desarrollo de energías renovables, el fomento de la bioenergía, el desarrollo orientado al transporte público, la captura y almacenamiento de carbono, etc.

Fig. 2.11; Medidas de Mitigación y Adaptación

## 2.4 Política Climática

Para la generación de las distintas medidas antes mencionadas se han establecido organizaciones y planes estratégicos en escala mundial, regional y local a partir de la primera conferencia sobre el clima en 1979 en Ginebra, organizada por la World Meteorological Organization de la ONU.

Posteriormente en 1988 se fundó The Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) por dos organizaciones de Naciones Unidas (OMM y PNUMA), cuyo objetivo es proveer al mundo con una opinión objetiva y científica sobre el cambio climático, sus impactos y riesgos naturales, políticos y económicos y las opciones de respuesta posibles. El IPCC elabora informes que contribuyen al trabajo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) sobre su generación, su impacto y posibles medidas de adaptación y mitigación.

En 1995 se realizó la primera Conferencia de las Naciones Unidas (COP por sus siglas en inglés): órgano supremo de toma de decisiones de la Convención. Su tarea clave es revisar los inventarios nacionales de comunicaciones y emisiones presentados por las Partes. Con base en esta información, la COP evalúa los efectos de las medidas tomadas por las Partes y el progreso realizado en el logro del objetivo final de la Convención. México fue sede y ratificó un segundo periodo para finalizar en el 2020. Posteriormente se estableció el acuerdo de París con 195 países como miembros para proseguir y establecer nuevas medidas de mitigación y adaptación para contrarrestar el cambio climático decretando como límite el aumento de temperatura en 1.5°C.



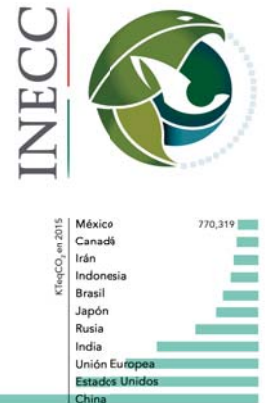
Fig. 2.12; IPCC

### 2.4.1 MÉXICO Y LA CRISIS CLIMÁTICA

México ha participado activamente en diversas reuniones internacionales y ha creado un marco institucional sobre cambio climático. A partir del 2000 la ZMVM inició la gestión de emisiones de GEI. En el 2005 creó la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) para coordinar las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF) relativas a la formulación e instrumentación de la política climática nacional, y para el cumplimiento de los compromisos que suscribió ante la CMNUCC y en el Protocolo de Kioto. Posteriormente ésta comisión promulgó la Ley General de Cambio Climático (2012), y la Ley de Mitigación y Adaptación al CC y Desarrollo Sustentable del Distrito Federal (LMACCDSDSF, 2011) y evaluaciones además de formular periódicamente la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) (2004, 20014) y el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) (2008, 2014).

México ocupa el onceavo puesto entre los países con mayores emisiones de GEI con un total de 665 Mt de CO<sub>2</sub>eq para el 2013 (JRC, 2009), donde la CDMX es responsable del 4.6% con 30.7 Mt de CO<sub>2</sub>eq (SEDEMA, 2015). La configuración centralizada de la ZMVM es responsable de la movilidad diaria de miles de personas hacia el centro generando congestiónamiento y contaminación ambiental considerable, responsable del 47% de las emisiones de GEI del sector energético. Dicho sector tanto a nivel nacional como local es el mayor contribuyente de GEI con un 80% del total de emisiones nacionales.

Fig. 2.13; Emisión de CO<sub>2</sub> por país.



En el marco de la Estrategia y Programa Local de Acción Climática (ELACC, PACC, 2014-2020) para la ZMM se estiman 5 ejes de actuación:

- Transición energética y rural
- Contención de la mancha urbana
- Mejoramiento ambiental
- Manejo de los recursos naturales y conservación de la biodiversidad
- Construcción de la resiliencia de la ciudad

Con los cuales se pretende generar una resiliencia de 8.8 millones de personas para el 2025 y disminuir en un 50% las emisiones de GEI para el 2050 de acuerdo a la línea base de emisiones del 2012. Además de generar un metabolismo sustentable convirtiéndose en un sistema cerrado (semicerrado) de manera que los flujos residuales al exterior sean reducidos y no sean nocivos.



Fig. 2.14: Ejes de Acción Climática

## 2.5 Agricultura

Es importante mencionar y estudiar el sector agrario ya que es responsable del 21% de las emisiones globales de GEI junto con la silvicultura y otros usos de la tierra, además de consumir el 77% del agua del planeta (FAO, 2014).

México es uno de los países con mayor producción y exportación de alimentos; el sector agropecuario constituye un 8.45% del PIB nacional con 21.2 millones de ha de cosecha (2016). Sin embargo en la ZMM el 80% de sus alimentos son importados y se estima que la demanda aumente un 60% para el 2050 (SAGARPA, 2016).

Debido a la demanda de un futuro y a los impactos negativos mencionados sobre los recursos naturales y el medio ambiente, la actual trayectoria de crecimiento de la producción agrícola es inaceptable, por lo que se plantean ciertos puntos hacia una agricultura sostenible:

- Se debe garantizar la seguridad alimentaria al mismo tiempo de promover ecosistemas saludables apoyando a la gestión de la tierra y los recursos naturales.
- Se requiere una gestión eficiente de los desechos orgánicos provenientes de los cultivos.
- Aumentar la capacidad de captación de agua pluvial, el tratamiento de aguas residuales con fines de riego agrícola y la rehabilitación de canales.

- Los agricultores jóvenes necesitan un acceso seguro a la tierra cultivable de las zonas suburbanas y periurbanas, ya que los precios del suelo se han disparado porque el valor de la tierra se fija según su capacidad de urbanización en lugar de su fertilidad agrícola.



# 3

## HÍBRIDOS INFRAESTRUCTURALES

En este capítulo se describen los diferentes componentes infraestructurales con los que se trabajaron en la construcción del híbrido, con base en los procesos y flujos materiales y energéticos llevados a cabo a través de éstos. Se definen los parámetros materiales y energéticos que alimentan al componente (datos de entrada o inputs) y los que son generados después de los procesos que se llevan en los componentes (datos de salida u outputs), así como los procesos físicos, químicos y biológicos que en éstos suceden.

En el subcapítulo 3.2 se aborda la definición y el proceso conceptual y formal del concepto híbrido infraestructural. Se estudia el desenvolvimiento e integración del híbrido sobre el territorio y el dimensionamiento de la infraestructuras.

### INFRAESTRUCTURAS

Para poder generar un paisaje integrado constituyente de redes de desarrollo se requiere la sincronía de distintos procesos y por lo tanto la coexistencia de diversas infraestructuras. Las infraestructuras se presentan en el paisaje urbano de acuerdo a sus procesos metabólicos en 4 ejes principales:

- Agua
- Biodiversidad
- Energía
- Residuos

Fig. 3.1; Infraestructuras Urbanas

## 3.1 Ejes Infraestructurales

### 3.1.1 AGUA

Como se mencionó anteriormente, en la ZMVM la extracción de agua subterránea, el abastecimiento y el saneamiento de aguas residuales, constituyen una problemática alarmante en la ciudad. Para contrarrestar el hundimiento del sedimento de la ciudad sin perjudicar el abastecimiento hídrico poblacional se deben considerar distintas fuentes de suministro como pueden ser: el uso de agua pluvial y el saneamiento de aguas residuales para su reutilización. Además se debe modificar la dinámica de acuerdo al consumo per cápita del recurso. Actualmente en la ZMVM el consumo de agua promedia unos 327 litros por habitante al día, triplicando el consumo recomendado por la OMS (2017) de 100 litros (per cápita al día).

En la actualidad en la ZMVM únicamente el 13% de las aguas residuales son tratadas. El saneamiento de aguas residuales además de contrarrestar la extracción de agua puede contribuir a minimizar la degradación del medio ambiente eliminando el vertido de aguas contaminadas a cuerpos de agua naturales. Por lo tanto es indispensable la conservación y provisión de humedales (naturales y artificiales) y Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR).

Adicionalmente en la ciudad el agua pluvial es la responsable de numerables inundaciones y en los próximos años se prevén alteraciones en los niveles de precipitación, por lo que serán recurrentes estas condiciones. La precipitación total anual en el norte de la ciudad es de aproximadamente 1000 mm por lo que la implementación de recolección, almacenamiento y aprovechamiento de agua pluvial es oportuna y fundamental para disminuir la vulnerabilidad tanto de desastres como de abastecimiento de agua.

### HUMEDAL ARTIFICIAL

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas para remover la mayor parte de los patógenos y nutrientes contenidos en aguas residuales, mediante interacciones complejas de carácter fisicoquímico y microbiológico que ocurren al hacer pasar lentamente el agua residual a través de un lecho de sustrato (arena, grava, arcilla), con raíces y rizomas de vegetación emergente. Un humedal artificial al contar con vegetación absorbe CO<sub>2</sub>, libera oxígeno y es capaz de integrarse perfectamente al paisaje. Energéticamente un humedal cuenta con un consumo nulo y al evapotranspirar reduce la temperatura del ambiente, mitigando GEI y reduciendo la isla de calor.

Se establecieron los componentes de entrada y salida (inputs y outputs). Como se observa en la figura 3.2, el componente con el cual se alimenta un humedal artificial es principalmente agua residual y los elementos que se generan después del proceso de filtración son: agua tratada y lodos.

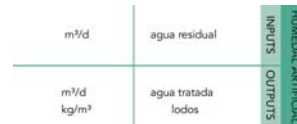
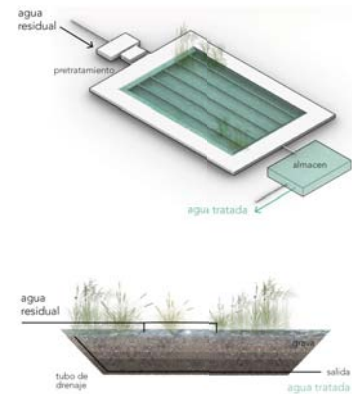


Fig. 3.2: Funcionamiento Humedal Artificial



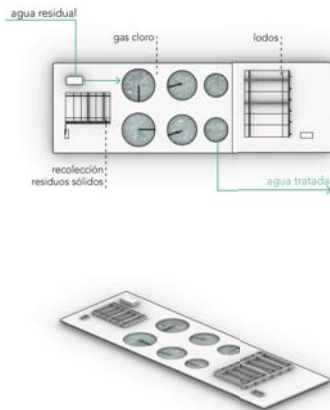
### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) es un sistema conformado por procesos físicos, químicos y biológicos con el propósito de reducir la concentración de contaminantes en el agua y permitir la reutilización de los efluentes tratados (SACMEX, 2015).

El agua tratada de las PTAR puede abastecer la demanda de sectores como el agrícola y el industrial, liberando importantes volúmenes de agua de primer uso para el consumo de la población (De la Peña, Ducci y Plascencia, 2013). De igual manera en una cantidad menor y únicamente para algunas actividades puede utilizarse en la vivienda. Como se ve en la figura 3.3 los elementos de entrada de una PTAR son agua residual, gas cloro para la debida purificación del agua y una cantidad considerable de electricidad, por otro lado los elementos de salida son agua tratada y lodo. Estos lodos generados en el proceso de saneamiento pueden abastecer la tierra de nutrientes para cultivo o ser aprovechados por la misma PTAR en la generación de energía, reduciendo su consumo energético hasta un 60% (Calderón, 2015).



Fig. 3.3: Funcionamiento Planta de Tratamiento de Agua Residual



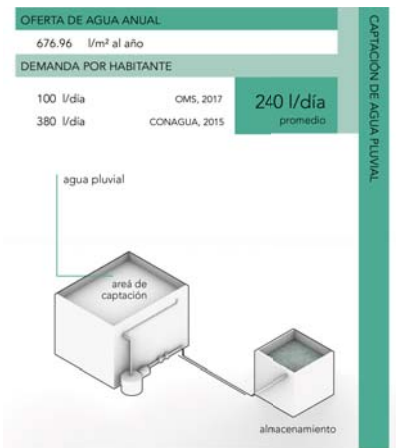
### CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

La recuperación de agua pluvial consiste en la filtración del agua de lluvia captada en una superficie determinada, a través de un sistema de canaleras pluviales para su posterior almacenamiento en un depósito. Una vez acumulada, el agua se distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable, para evitar la contaminación de la misma. El agua pluvial es útil para muchos usos domésticos en los que puede sustituir al agua potable como: en lavadoras de ropa, lavavajillas, la cisterna del WC y el riego de huertos o jardines.

El cálculo de oferta de agua de lluvia básico consiste en multiplicar la precipitación media mensual por el área de captación y por el factor de aprovechamiento de 0.80 (Isla Urbana, 2016). Con éste cálculo, la aproximación de un área de 200 m<sup>2</sup> por grupo de viviendas y la tabla de precipitación media mensual de Tizayuca (Fig. z, en la sección 7.0: Cálculo Infraestructural) se obtiene la oferta de agua anual de 676.96 l/m<sup>2</sup> al año.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 100 litros de agua al día para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene. Sin embargo, en México el consumo promedio de agua es 3 veces mayor con 380 litros. (CONAGUA, 2015) lo que nos da un indicio de la modificación que debemos realizar y el daño que le estamos generando al planeta día a día. Para la creación del híbrido infraestructural se considera un promedio de la demanda actual y la demanda recomendada dando como resultado un consumo diario de 240 litros por habitante.

Fig. 3.4: Funcionamiento Captación Pluvial



### 3.1.2 ENERGÍA

La Comisión Federal de Electricidad es la empresa del estado mexicano que se encarga desde 1960 de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el país. México genera el 70% de la energía que consume produciendo el 82.9% por medio de hidrocarburos (petróleo crudo, gas natural y condensados), el 10.4% por energías renovables, un 4.3% se produce por medio de carbón y el resto 2.4% por energía nuclear (SENER, 2018).

En la Ciudad de México a pesar de no contar con procesos intensivos de generación de electricidad, actividades petroleras o de manufactura pesada, el 80% de sus emisiones se deriva del consumo de energía principalmente del sector transporte (con un porcentaje del 37%) y en segundo lugar el consumo de energía eléctrica (con un 34%) (ENCC, 2014). El consumo per cápita de electricidad según datos de la SENER (2018) es de 2,228.10 kilowatts-hora (KWh), lo que equivale a 54.93 kWh/día per cápita. A partir del 2012 con la Estrategia Nacional de Energía 2021-2026 se ha logrado que el 40% de la generación eléctrica de la CDMX provenga de fuentes limpias mediante: energía eólica, hidroeléctrica, energía solar, biodigestores, geoenergía, nucleogenergía.

La generación de energía por fuentes limpias permite mejorar la economía local mediante la descentralización de energía, reducir las emisiones de GEI y minimizar el uso de combustibles fósiles. Aprovecha recursos naturales inagotables en la energía solar y desechos inevitables de distintos sectores.

#### ENERGÍA SOLAR

La infraestructura que aprovecha la energía solar compone de sistemas fototérmicos y fotovoltaicos. Los sistemas fototérmicos convierten la radiación solar en calor y lo transfieren a un fluido de trabajo; el calor se usa entonces para calentar edificios, agua, mover turbinas para generar electricidad, entre otros. Los sistemas fotovoltaicos convierten directamente la radiación solar visible en electricidad. Como se observa en el gráfico 3.5, ésta infraestructura como elemento de entrada o input únicamente requiere la radiación solar para la generación de energía como elemento de salida o output.



#### BIODIGESTOR

Un biodigestor consiste en un sistema que mediante la digestión anaerobia de materiales orgánicos como residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, son convertidos en biogás. El gas puede ser utilizado para la producción de calor o vapor, generación de electricidad y combustible de vehículos.

De acuerdo a la producción de biogás a partir de residuos vegetales de la FAO (2013), se realizó un promedio el cual data que por tonelada de materia orgánica se producen 497.1m<sup>3</sup> de biogás.

Se establecieron los componentes de entrada y salida (inputs y outputs). Como se observa en la figura 3.5, un biodigestor como elemento de entrada procesa materia orgánica y para realizar la digestión anaerobia requiere agua por m<sup>3</sup> de biomasa. En el híbrido nos interesa la generación de energía por lo que se considera un sistema con ésta capacidad más que para producir fertilizante y/o combustible como elemento de salida.

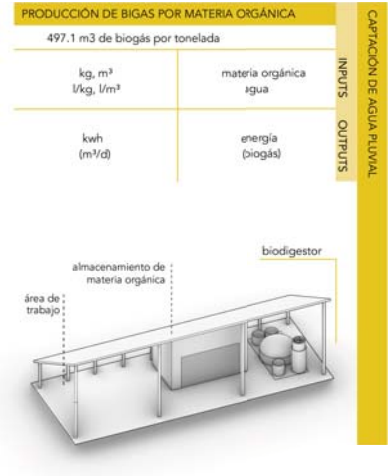


Fig. 3.5: Distribución Biodigestor

### 3.1.3 RESIDUOS

Se puede considerar que los residuos sólidos son generados como resultado de las actividades que realiza la población para su subsistencia y para la obtención de insumos en los diferentes sectores productivos como son el domiciliario (48%), comercio (30%), servicios (14%), diversos (5%) y controlados (3%) (SEDEMA, 2018).

De acuerdo con el Inventario de Residuos Sólidos de la CDMX (SEDEMA, 2018) durante el 2018, los habitantes de la ciudad y la población flotante generaron 13,073 toneladas diarias de residuos sólidos. En Tizayuca se considera que diariamente un habitante genera 1.75 kg donde el 53% corresponde a residuos orgánicos según se refiere en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca, Hidalgo (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2013). Las infraestructuras residuales se estudiaron de acuerdo al ciclo de los residuos sólidos urbanos el cual consiste en:

- Generación
- Separación desde la fuente
- Recolección y barrido de las alcaldías y Agencia de Gestión urbana
- Ingreso a estaciones de transferencia
- Tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos
- Disposición final

De estas, estudiamos el sector de tratamiento y aprovechamiento para poder disminuir los residuos sólidos y minimizar los GEI generados en la disposición final generalmente en rellenos sanitarios.

#### PLANTA DE SELECCIÓN

Ésta infraestructura consiste en una instalación que combina procesos de selección mecánicos o automatizados y procesos manuales, para la separación de materiales recuperables y su valorización e incorporación a cadenas productivas. Las plantas de selección son indispensables para el aprovechamiento y reciclamiento de material. Como se observa en la figura 3.6 una planta de selección es capaz de procesar residuos sólidos urbanos y generar material remanufacturable y reciclable.

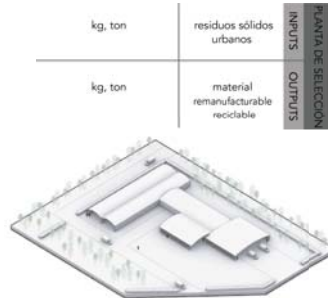


Fig. 3.6; Planta de Selección

#### PLANTA DE COMPOSTA

Las plantas de composta son espacios que albergan un sistema de tratamiento de residuos orgánicos biodegradables basado en la actividad microbiológica. A través del proceso anaeróbico se realiza la degradación de los residuos sólidos orgánicos formando composta como elemento de salida. La composta devuelve nutrientes a la tierra, controla la erosión y evita el desgaste del suelo.

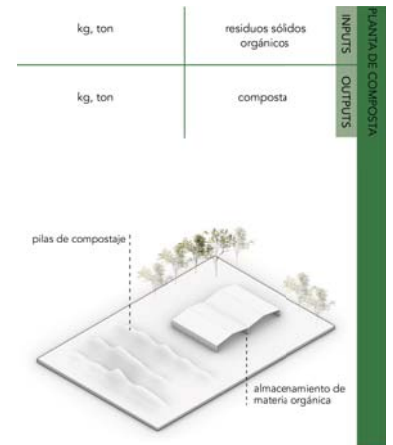


Fig. 3.7; Planta de Composta



### 3.1.4 BIODIVERSIDAD

El concepto de biodiversidad consiste en la diversidad de especies animales, vegetales incluyendo hongos, protozoarios y bacterias. Además la biodiversidad incluye las plantas domesticadas y la variabilidad genética que estas poseen (agro-biodiversidad), y la diversidad cultural humana (costumbres, lenguas y cosmovisiones) (CONABIO, 2016).

Las infraestructuras en el campo de biodiversidad se trabajaron en 3 sectores: áreas naturales, sistemas de conservación y recuperación y sistemas de producción. Los componentes que se estudiaron y con lo que se conformo el híbrido infraestructural fueron los descritos a continuación:

#### • SISTEMAS DE CONSERVACIÓN

##### CORREDOR ECOLÓGICO

Un corredor ecológico con el fin de contrarrestar la fragmentación de los hábitats, pretende unir espacios con paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados, que faciliten el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos, favoreciendo la migración, y la dispersión de especies de flora y fauna silvestres.

#### AGRICULTURA

La agricultura urbana es la práctica de cultivos dentro de espacios urbanos de pueblos y ciudades. Tal como lo declara la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA), brinda alimentos frescos, crea empleo, recicla residuos urbanos, genera cinturones verdes y fortalece la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019).

Se establecieron los componentes de entrada y salida (inputs y outputs). Como se observa en la figura 3.8 como inputs se requieren materiales de cultivo, composta y/o fertilizante y agua, y como outputs se obtiene biomasa y la producción de alimento dependiendo el cultivo.



Fig. 3.8; Agricultura

#### • SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los sistemas de producción se conforman por estructuras metálicas con materiales translúcidos que permiten el cultivo de distintas plantas con un control específico de la temperatura, los niveles de luz y sombra, el riego, la aplicación de fertilizantes y la humedad atmosférica.

Los invernaderos pueden generar cultivos fuera de temporada y en un tiempo mínimo, pueden generar una mayor producción y de mayor calidad debido al control sobre plagas y los factores antes mencionados.

Para el correcto funcionamiento de un invernadero, como elemento de entrada se requieren semillas dependiendo el cultivo deseado, agua, electricidad, composta y/o fertilizante. Como elemento de salida se obtiene el producto del cultivo ya sea una planta o alimento.

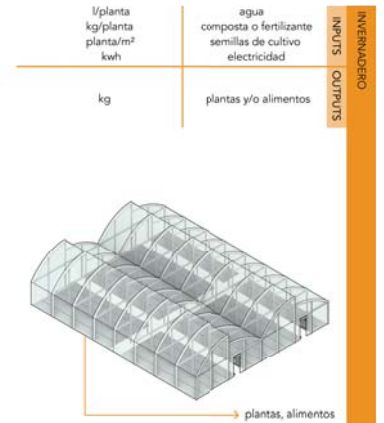
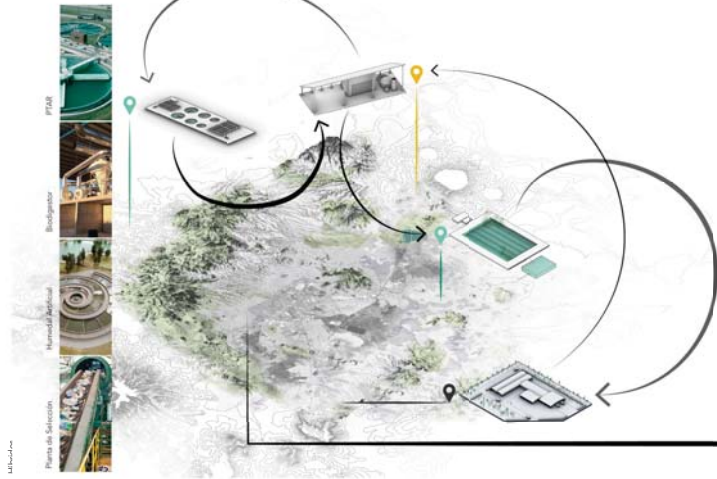


Fig. 3.9; Invernadero

### 3.2 Conceptualización del Híbrido



Se considera un híbrido infraestructural al producto de la vinculación de diversas infraestructuras generado a partir de los insumos (inputs) y desechos (outputs) de cada una de ellas. Es un organismo capaz de originar un metabolismo fluido, minimizando el desperdicio inevitable y aumentando la eficiencia dentro de sus componentes.

Para generar el híbrido infraestructural se consideraron en primer instancia las necesidades básicas de la vivienda; la obtención de alimentos, el abastecimiento de agua y el suministro energético. Así como los desperdicios que esta genera; los residuos hídricos y sólidos.

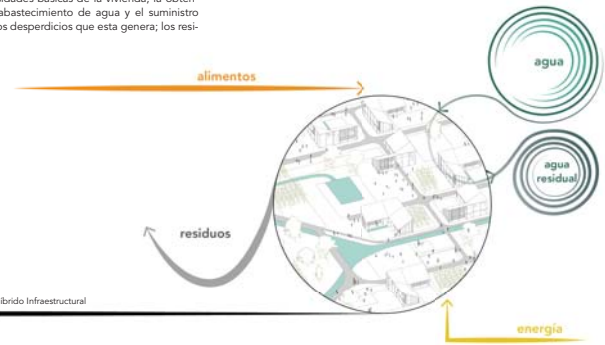


Fig. 3.10: Necesidades de Híbrido Infraestructural

La demanda hídrica y el tratamiento de agua residual se resolvió con el emplazamiento de un humedal artificial. Mediante el fortalecimiento e implementación del sector agrícola local se plantea obtener una proporción de la demanda de alimentos. Para el tratamiento de los residuos sólidos se propone una planta de selección. Y por último para la generación de energía se plantean biodigestores. Se pueden observar estas infraestructuras alrededor de la vivienda en la figura 3.11 ya que resuelven de manera sustancial las necesidades básicas de la vivienda

Posteriormente se procedió a la vinculación de dichas infraestructuras de manera que se complementaran y se creará un metabolismo equilibrado. Como se observa en la figura 3.12, de la disposición del humedal artificial puede beneficiarse la vivienda con el agua tratada, además de la agricultura mediante canales de riego y por la generación de fertilizante por lodos. El biodigestor a su vez puede aprovechar la biomasa de la agricultura, del humedal y del área verde para la generación de energía. Por último en la planta de selección pueden distribuirse los residuos orgánicos hacia el biodigestor y los residuos inorgánicos a industrias especializadas.



Fig. 3.11: Infraestructuras Básicas Híbrido

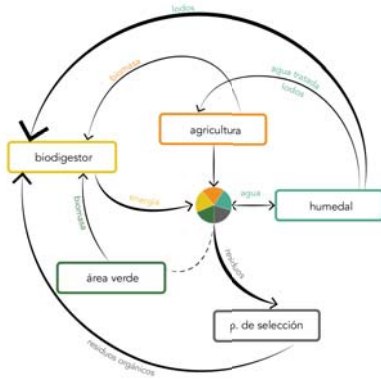
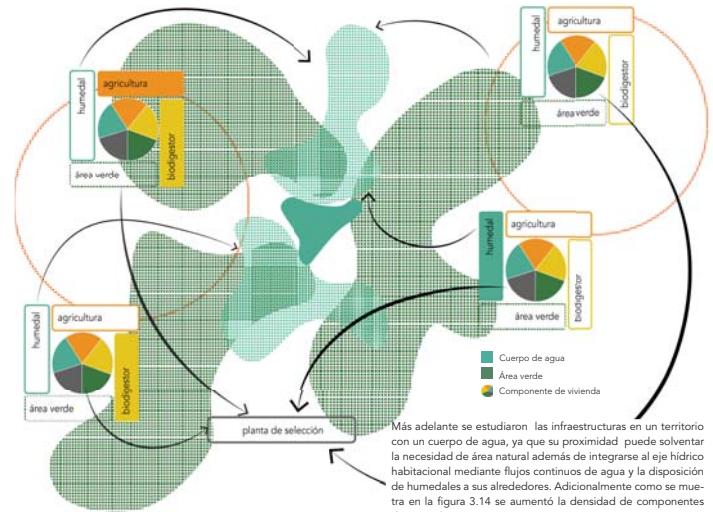
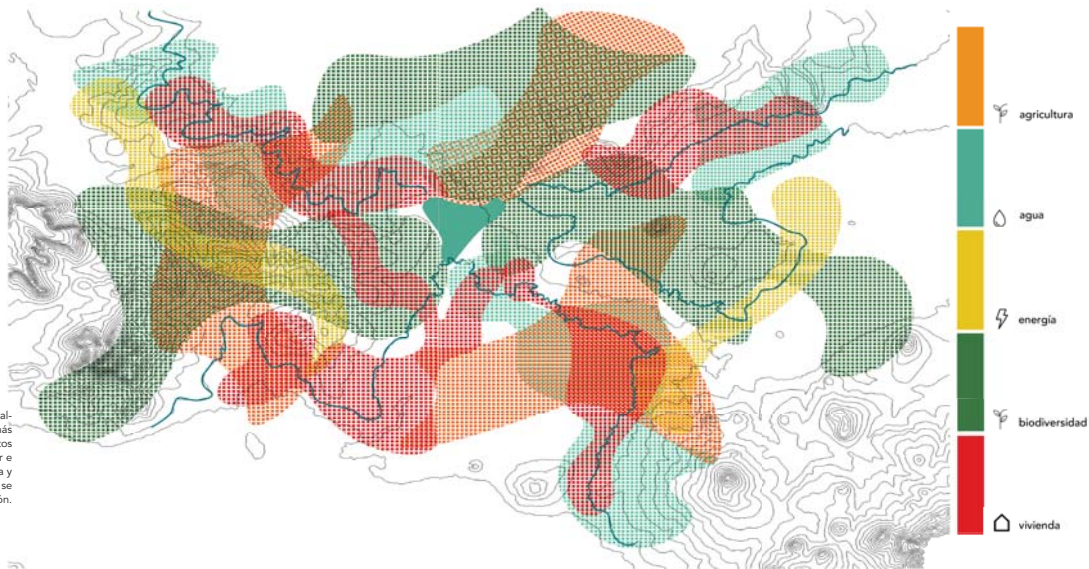


Fig. 3.12: Vinculación de Infraestructuras en Híbrido



Más adelante se estudiarán las infraestructuras en un territorio con un cuerpo de agua, ya que su proximidad puede solventar la necesidad de área natural además de integrarse al eje hídrico habitacional mediante flujos continuos de agua y la disposición de humedales a sus alrededores. Adicionalmente como se muestra en la figura 3.14 se aumentó la densidad de componentes de vivienda.

Fig. 3.14: Multiescalaridad de Híbrido



Al aumentar la densidad de vivienda, incrementa proporcionalmente la necesidad de aumentar un mayor número de los demás componentes generando así un dinamismo entre los distintos ejes infraestructurales, lo que da la oportunidad de relacionar e integrar tanto los bloques de vivienda como el sector agrícola y energético; en concordancia con el sector hídrico. Igualmente se pueden unificar algunos elementos como la planta de selección.

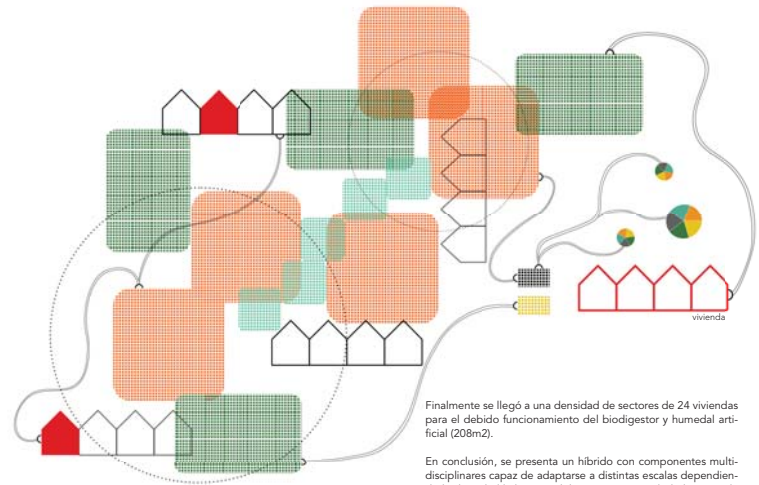
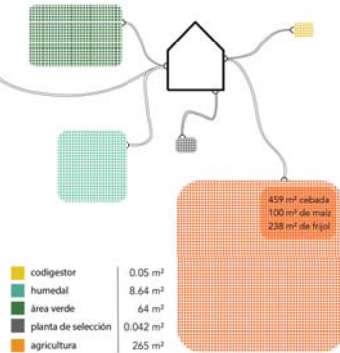
Fig. 3.13; Concepto Híbrido

Se comenzó a diseñar el híbrido infraestructural relacionando parámetros de superficie y volumen con parámetros de energía y materia (inputs y outputs) para así poder dimensionar el híbrido no sólo en cuanto a su acción sobre el territorio, sino también en cuanto a su dimensión tridimensional.

Se partió de una vivienda promedio con las siguientes características:

	habitantes por vivienda	4,00	personas
	agua potable promedio OMS, 2017	100 l/día/pj	l/día/pj
	agua residual (ANEAS, 2014)	180,00	l/día/pj
	biogás por vivienda mínima por día	8,15	m <sup>3</sup> /día
	residuos sólidos urbanos en Tazayuca (PMDUOT, 2013)	1,75	kg/día
	residuos orgánicos (PMDUOT, 2013)	34%	kg/día
	residuos inorgánicos (PMDUOT, 2013)	66%	kg/día

Posteriormente con base en la investigación previa (sección 3.1) y el análisis de análogos infraestructurales referentes en la ciudad, se lograron concretar las áreas necesarias por infraestructura para una vivienda. (Se pueden consultar los cálculos en la sección 7.0 Cálculo Infraestructural)



Finalmente se llegó a una densidad de sectores de 24 viviendas para el debido funcionamiento del biodigestor y humedal artificial (208m<sup>2</sup>).

En conclusión, se presenta un híbrido con componentes multidisciplinarios capaz de adaptarse a distintas escalas dependiendo de la densidad habitacional, las características hidrológicas y la disponibilidad infraestructural previa en la zona de intervención.

Fig. 3.14: Parametrización de Híbrido



## EJE TERRITORIAL Análisis Regional

Para poder entender el metabolismo urbano de una cierta zona es importante el estudio de diferentes compuestos multiescalares, estos nos abordan temas económicos, ambientales, sociales, etc, por lo que surge de un estudio interdisciplinario que es indispensable para entender el funcionamiento de dicha zona en particular.

El contenido gráfico principal de este capítulo son mapas de elaboración propia creados a partir de información proveniente de base de datos oficiales.

El contenido de la investigación esta delimitado a la región de la zona metropolitana del valle de México, la región de la cuenca del valle de México, y la subcuenca del río de las avenidas y el acuífero Cuautitlán - Pachuca.

Entender estas 3 regiones Hidrológicas y la relación que existe entre ellas nos ayudará a conocer como funciona la red hidrológica a una escala mas pequeña que comprende a nuestro polígono de estudio.



## 4.1 Condición Geográfica

### 4.1.1 CLIMA

El eje territorial que comprende el análisis regional, es una zona bastante extensa en su territorio, cuenta con la presencia de 5 climas diferentes según la clasificación de los tipos de clima de Wladimir Köppen, la cual fue modificada por Enriqueta García en 1964, para adaptarla a las condiciones de nuestro país y de la cual se encuentran los datos en el sistema de información del INEGI. En la clasificación climática se diferencian e identifican estratos de temperatura, humedad y régimen de lluvias.

El eje territorial, se compone en el 63.7% de su superficie, de un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano; 18.4% con clima semifrío, que en su mayoría es subhúmedo, con lluvias en verano; y el restante 17.9% es semiseco templado.

En más del 70% de los días del año, los frecuentes cambios térmicos son un fenómeno natural que causa un estancamiento temporal de las masas de aire en la atmósfera.

- Secco Templado y Semifrío Semisecos
- Templado Subhúmedo
- Templado Semifrío Subhúmedo
- Templado Semifrío Húmedo
- Templado húmedo



Fig. 4.1; Clima en el Eje Territorial

#### 4.1.2 RED HIDROLÓGICA

La red hidrológica está integrada por arroyos de longitud variable, y su configuración manifiesta claramente las condiciones litológicas y estructurales del relieve.

De acuerdo con la subdivisión hidrográfica realizada por la Gerencia Técnica de la GRAVAMEX, la Cuenca del Valle de México se encuentra dividida en once zonas hidrológicas que son: Xochimilco, Churubusco, Ciudad de México, Cuautitlán, Pachuca, Teotihuacán, Texcoco, Chalco, Apan, Tochac y Tecocomulco. En estas zonas se encuentran distribuidos los principales ríos de la región que son: Eslava, Magdalena, Mixcoac, Tacubaya, San Joaquín, Río Hondo, Río de los Remedios, Tlalnepantla, San Javier, Tepozán, Cuautitlán, de la Avenidas de Pachuca, San Juan Teotihuacán, Papalotla, Amecameca y de la Compañía.

Dentro del área de estudio se encuentran las Subcuencas: Río Tepotzotlán; esta integrada por cuatro tipos de estructuras geomorfológicas, que son la Sierra Madre Occidental, El Eje Neovolcánico, La Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur.

Es uno de los principales tributarios o afluentes del Río Cuautitlán, tiene su origen en la Sierra de las Cruces, específicamente en el incidente orográfico denominado Cerro Río Frio, con el nombre de arroyo los Tepozanes, con una orientación hacia el noroeste, recibe las precipitaciones del arroyo Esclavo, Río El Ocote y Agua Caliente.

Además se encuentran tres subcuencas: Subcuenca Hidrológica de la Presa La Concepción, Subcuenca de los Arroyos Tierra Colorada, El Gavilán y El Capulín, y la Subcuenca Hidrológica del Río Lanzasrote.

En Tizayuca-Pachuca la hidrología superficial es relativamente simple y de poca consideración, existiendo solo pequeños escurrimientos de carácter torrencial, presentando un drenaje de tipo radial y subdendrítrico.

Red Hidrológica

Fuentes de gráficos:  
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO.

- Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

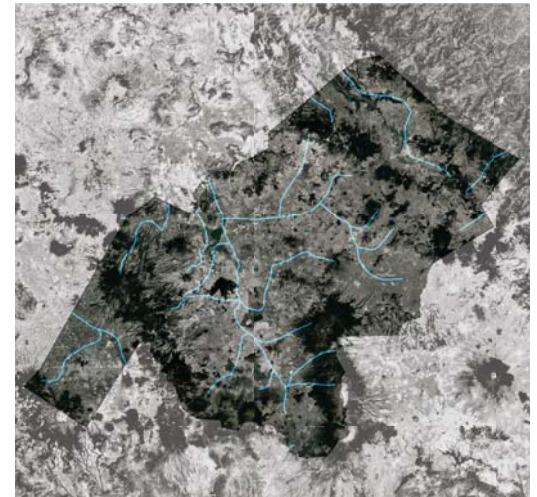


Fig. 4.2: Red Hidrológica en el Eje Territorial



#### 4.1.3 INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

En México existen diversas infraestructuras hidráulicas que proporcionan la cantidad de agua requerida para satisfacer la necesidad hídrica que demandan los diversos poblados de México.

Para este análisis consideramos los mas destacados en todo el eje territorial, los cuales son:

- Presas y Bordes de Almacenamiento
- Distritos de Riego
- Plantas Potabilizadoras
- Plantas de Tratamiento de Agua Residual

Dentro de nuestro eje territorial existe un almacenamiento de agua de 53,053 hm<sup>3</sup> repartidos en 5 presas; de mayor a menor, se encuentra la presa Guadalupe con una capacidad de almacenamiento de 26,020 hm<sup>3</sup>, la presa Taxhimay con una capacidad de 8,610 hm<sup>3</sup>, la presa Madin con capacidad de 7,282 hm<sup>3</sup>, presa la Concepción con capacidad de 7,076 hm<sup>3</sup> y la presa San Bernabé con capacidad de 4,065 hm<sup>3</sup>.

El concentrado distrital de riego se reparte en la cuenca del Valle de México, siendo la superficie sembrada y cosechada del distrito de riego de Chiconautla con una producción de 121,906 ton y el distrito de riego de la Concepción con una producción de 21,460 ton.

Existen 15 Plantas Potabilizadoras dentro de nuestra zona de estudio, estas cuentan con un promedio de caudal potabilizado que va desde menos de 100 l/s hasta los 500 l/s.

En cuanto a PTAR existen 78 unidades en funcionamiento que en promedio tienen un caudal tratado que va desde los 5 l/s hasta los 1,000 l/s.

Fuentes de gráficos:  
-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO.  
-Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

- Distritos de Riego
- Plantas de Tratamiento de Agua Residual
- Plantas Potabilizadoras
- Presas, Bordes y Cuerpos de Agua de Almacenamiento

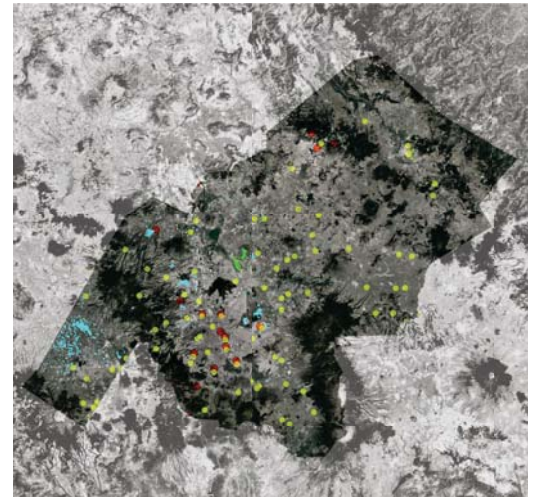


Fig. 4.3; Infraestructura Hídrica en el Eje Territorial



*Al Municipio de Tizayuca, anteriormente se le conocía con el nombre de "Tizayocan", que en lengua Náhuatl significa: "Lugar en que se prepara tiza".*

Se ubica entre los paralelos 19° 47' y 19° 55' de latitud norte; los meridianos 98° 54' y 99° 02' de longitud oeste; y tiene una altitud de 2,260 msnm.

Colinda al norte con el estado de México y el municipio de Toluca; al este con el municipio de Toluca y el estado de México; al sur con el estado de México; al oeste con el estado de México.

El municipio de Tizayuca se localiza respecto al Estado de Hidalgo en la "parte sur", en el Valle llamado Pachuca-Tizayuca considerada como la zona del estado con más crecimiento económico y demográfico y muy cercano a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, de hecho Tizayuca forma parte integral de la misma.

Cuenta con una extensión territorial de 92.5 km<sup>2</sup> aproximadamente, lo que representa el 0.41% de la superficie de la Entidad, cuenta con 27 localidades y una población total de 119,442 habitantes en 2015.

Fig. 5.1: Imagen Satelital del municipio de Tizayuca

## 5.1 Aspectos Socioeconómicos

### 5.1.1 ANÁLISIS POBLACIONAL

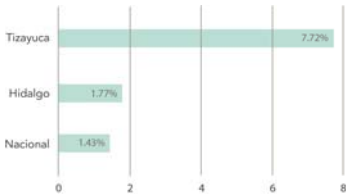
El municipio tiene una densidad poblacional aproximada de **1,054 hab/km2** y cuenta con una población de **119,442** según el censo del INEGI del 2015.

Fig. 5.2, Gráfica de porcentaje de habitantes



Tasa de Crecimiento Poblacional 2000 - 2010

Fig. 5.3, Gráfica de Tasa de Crecimiento Poblacional



**25,886** viviendas tienen jefatura masculina (80%) y **6,472** jefatura femenina. En el caso de los primeros, la población es de **98,778** (82.7%) y en el caso de la jefatura femenina la población en hogares es de **20,664**.

Fig. 5.4, Gráfica de porcentajes de viviendas



En 2010, la condición de rezago educativo afectó a 16.2% de la población, lo que significa que 17,855 individuos presentaron esta carencia social. En el mismo año, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 31.3%, equivalente a 34,618 personas. La carencia por acceso a la seguridad social afectó a 54.9% de la población, es decir 60,693 personas se encontraban bajo esta condición, según el Informe Anual Sobre La Situación de Pobreza y Rezago Social de SEDESOL del 2010.

El porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente fue de 9.9% (10,956 personas). El porcentaje de personas que reportó habitar en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue de 5.4%, lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas para 5,915 personas.

La incidencia de la carencia por acceso a la alimentación fue de 29.7%, es decir una población de 32,835 personas.

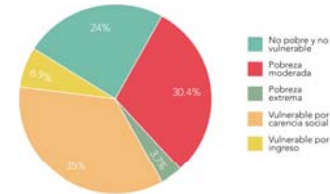
Indicadores de carencia social, 2010



Fig. 5.6, Gráfica de Indicadores de carencia social

Indicadores de pobreza y vulnerabilidad 2010

Fig. 5.5, Gráfica de Indicadores de pobreza y vulnerabilidad

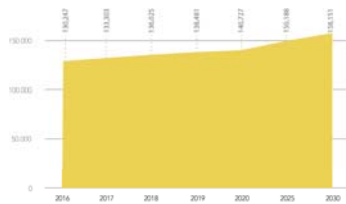


### 5.1.2 CRECIMIENTO URBANO

La imagen urbana del Municipio de Tizayuca en general es desordenada y horizontal. No existe un reglamento de construcción municipal que establezca la normativa para la rehabilitación, restauración y remodelación de los elementos de interés actual y las construcciones futuras; así como tampoco existe un reglamento de imagen urbana que establezca el estilo arquitectónico que deberá prevalecer en todas las localidades del municipio.

**Vivienda**  
En el municipio se contaba con un total de 55,546 viviendas para el año 2015, representando casi el 10% del total de la vivienda del Estado de Hidalgo de las cuales 32,358 eran habitadas. Teniendo un incremento Promedio Anual de Vivienda 4.39% con respecto al Estado de Hidalgo.

Indicadores de carencia social, 2010  
Fig. 5.7; Gráfica de Indicadores de carencia social 2016-2030



Zona Urbana de Tizayuca  
Expansión urbana

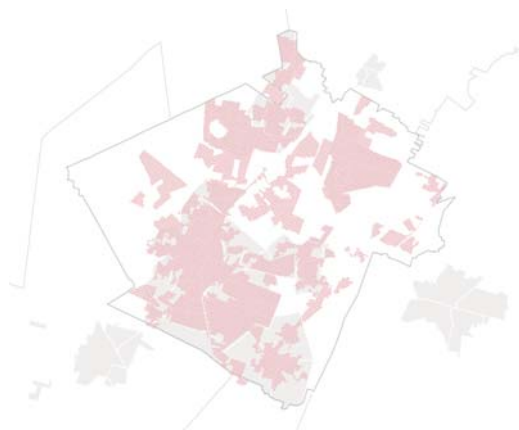


Fig. 5.8; Mapa del Crecimiento Urbano de Tizayuca

### 5.1.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La economía del estado de Hidalgo está basada en el mercado libre, con un Índice de desarrollo humano estatal de **0.723 (INEGI, 2015)**. El Producto Interno Bruto de Hidalgo fue de **276,784 millones de pesos**, y aporta el **1.7** al PIB nacional.

El Municipio de Tizayuca cuenta con zonas agrícolas de mediana y alta productividad, los principales cultivos son: la cebada de grano, avena forrajera y el frijol y zonas para la producción agropecuaria (cuenca lechera). Predomina el volumen de ganado bovino, otros tipos de ganado son: el porcino, ovino y caprino.

La actividad industrial del Municipio es de productos, maquinaria y equipo. Por otra parte el Municipio de Tizayuca, es el centro de atención de promotores privados para la comercialización de suelo y vivienda habitacional, residencial, media y de interés social.

#### Sectores de la Economía

A partir de 1990, el **SECTOR PRIMARIO** inició un descenso significativo en su participación de la PEA. Dicho sector pasó de ocupar casi el 15% de la PEA en el año 1990 a ocupar sólo el 2.35% en el 2010.

Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional, 2015



Fig. 5.9; Gráficas de Actividades económicas

**Agricultura:** Dentro del sector primario, en algunas comunidades del municipio se cultiva principalmente, maíz con una superficie sembrada de 1,390 hectáreas, cebada con 1,068 hectáreas, frijol con 80 hectáreas, avena con 80 hectáreas y trigo con 556 hectáreas.

**Ganadería:** En el municipio se lleva a cabo la cría y engorda de ganado ovino, contando con una población de 16,911 cabezas, porcino con 6,927 cabezas, el caprino con 6,683 cabezas y en cuanto al bovino de carne y leche, con 28,598 cabezas siendo las dos actividades que generan mayores ingresos. Además cuenta con 146,633 aves de cría y engorda, y con 2,848 pavos o guajolotes. Por último, en lo que respecta a la apicultura el municipio cuenta con 182 colmenas, según la Enciclopedia de los Municipios de México.

#### SECTOR SECUNDARIO

Según INEGI (1997), el 37% de la población en 1997 se dedicaba a este sector (industria, construcción y energía) y para el 2000 creció hasta alcanzar el 40% de empleos. Es el sector que más personal ocupa por unidad y el que mejor salario otorga, el doble que el resto de los demás sectores, así como el más rentable y con menos personal no remunerado por unidad ocupada.

#### SECTOR TERCIARIO

En cuanto a este sector (comercio, comunicaciones, finanzas, turismo, cultura, espectáculos, administración pública y servicios públicos), el crecimiento de servicios tales como Institución Bancaria, hoteles, restaurantes y otros comercios, no ha tenido mucho desarrollo, sobre todo si pensamos que entre 2005 y 2010 la población municipal casi se duplicó. El resto de los servicios ha crecido muy poco, en especial los mercados y comercios, por lo que se asume que las personas cubren sus necesidades en este rubro fuera del municipio, por lo que existe un área de oportunidad de crecimiento en este caso, según INEGI (2005)

### 5.1.4 VIVIENDA ABANDONADA

Con base en la metodología creada por el INFONAVIT para identificar los indicadores de habitabilidad, que considera factores socio-económicos y físico-espaciales se lograron distinguir dos factores relevantes para el abandono de vivienda a nivel municipal: el primero agrupa características socio-económicas que refleja aspectos de marginación y el capital social; mientras que el segundo factor, agrupa condiciones físico-espaciales de las áreas urbanas. Como resultado, la mayor parte de viviendas abandonadas están localizadas en municipios con condiciones físico-espaciales desfavorables pero cuyas situaciones socio-económicas son positivas.

**La distancia al trabajo juega el papel más importante en la toma de decisión de abandono de una vivienda;** contrario a lo esperado, la inseguridad y los desastres naturales son menos relevantes al momento de decidir abandonar una vivienda.

En México, existen 640,000 viviendas abandonadas, de las cuales 2,500 se encuentran en Hidalgo, esto según cifras del Instituto del fondo Nacional de la vivienda para los Trabajadores, según el Atlas del Abandono del Infonavit, 2016.

Según el Inventario Nacional de Viviendas (INV) en el municipio de Tizayuca hay 55,546 viviendas totales, pero de las cuales, 23,188 permanecen en calidad de abandonadas, un 41,7% del total.

Según la Encuesta Origen-Destino del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), entre semana, diariamente salen a laborar a la ZVM 55,174 trabajadores, de los cuales, 35,847 radican en Tizayuca.

De los referidos 26,675 (74.4%) lo hacen al Estado de México y el otro 24.6% lo hace a la Ciudad de México. Son apenas 345 que salen de dicho municipio para laborar en un destino distinto.

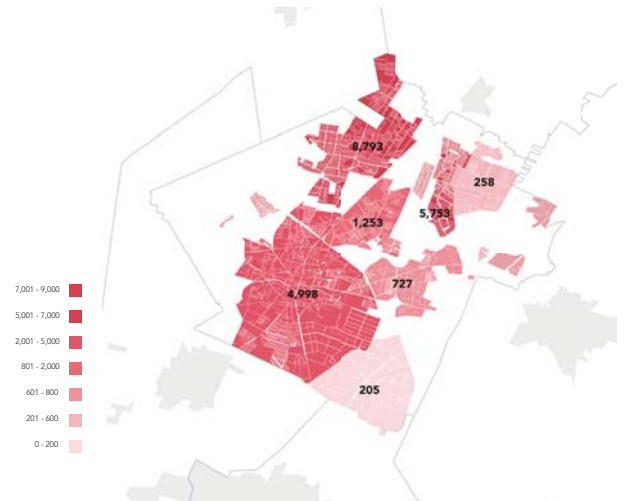


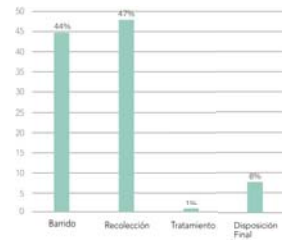
Fig. 5.10: Mapa de Vivienda Abandonada en Tizayuca

## 5.1.5 MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS URBANOS

Desde 2012 el municipio de Tizayuca hidalgo ha tratado de establecer una política de gestión de residuos sólidos privilegiando las acciones de minimización de residuos, es decir evitar en primer lugar su generación luego, reducir, reusar y reciclar para finalmente evitar los rellenos sanitarios.

Grandes cantidades de basura se traducen en altos costos de recolección transporte y disposición en rellenos sanitarios y por otro lado en derroche de energía y recursos naturales, ya que más de la mitad de basura se compone de materiales reciclables o reutilizables.

Fig. 5.11; Gráfica de Distribución Porcentual de Recursos Humanos para el Manejo de los Residuos a Nivel Estatal



### Manejo de Residuos Sólidos Urbanos

Para la recolección de residuos sólidos urbanos se cuenta en el Estado con 392 vehículos, la mayor parte de ellos se concentra en la Región I, específicamente en el Municipio de Pachuca.

Fig. 5.12; Tabla de Municipios con el Mayor Número de Vehículos para la Prestación del Servicio de Recolección

Región	Municipio
Región I	Pachuca de Soto
	Mineral de la Reforma
Región II	Tulancingo de Bravo
Región III	Tula de Allende
Región VI	Tequila
Región X	Huejutla de Reyes
Región XII	Tizayuca
Región XV	Tepic de Río

Fuente de gráficos:  
Programa Estatal para la Protección y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, 2011

### Barrido

A nivel nacional, según el DBGIR, con relación al barrido manual se estima que el rendimiento del personal va de 0.6 a 2.5 km/turno, en función de la orografía, el clima y el estado y tráfico de las calles. El costo varía entre \$20.00 y \$305.00 por kilómetro en los diferentes municipios del país.

### Recolección

La recolección de los residuos es tal vez el punto más sensible de los servicios de limpia, pues representa serios problemas en la vivienda y el entorno cuando este es deficiente. Los costos de recolección en las ciudades medias varían de \$30 a \$440 por tonelada, en función de la densidad poblacional, la cantidad recolectada y eficiencia en el llenado del vehículo, el estado físico de estos y el diseño de las rutas.

### Tratamiento

La recuperación de subproductos en los sitios de disposición final es del orden del 2.5%. Los subproductos que tienen más mercado son el cartón, papel, aluminio, metales, vidrio y PET, aunque ya se están abriendo nuevos mercados en los que se incluyen los envases multicapa y el PEAD. Los costos por recuperación de subproductos pueden variar en función de la cantidad y calidad de los materiales recuperados, las cuales pueden mejorar a través de la práctica de separación de residuos desde la fuente.

### Transporte y Transferecia

Según el DBGIR a nivel nacional existen 42 sistemas de transferencia en el país. En el Estado de Hidalgo hasta el momento no se cuentan con estaciones de transferencia y los residuos se transportan en los mismos vehículos recolectores, sin embargo el gobierno Estatal ya contempla el desarrollo e instalación de estaciones de transferencia.

### Datos de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos

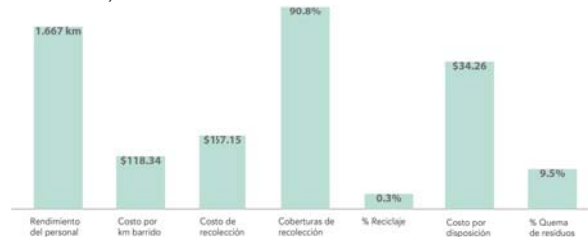


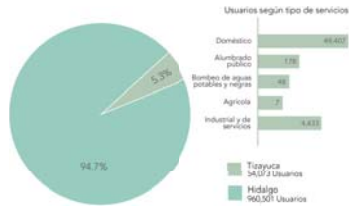
Fig. 5.13; Gráficas de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos

### 5.1.6 ENERGÍA

En el estado de Hidalgo existen 3 centrales generadoras de energía eléctrica siendo estas una planta hidroeléctrica que cuenta con dos unidades de generación con una capacidad efectiva de 292 megawatts produciendo así 1,848 GWh para entregar posteriormente un total de energía eléctrica de 1,827 GWh. También se cuenta con 2 centrales generadoras termoeléctricas con 11 unidades de generación con una capacidad efectiva de 2,095 megawatts con un total de energía eléctrica producida de 10,570 GWh entregando posteriormente un total de energía eléctrica de 9,941 GWh a los diferentes municipios que componen el Estado de Hidalgo.

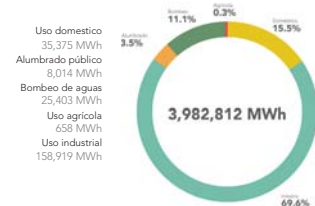
Los diferentes usos a los que va dirigida la energía eléctrica se dividen en uso doméstico, alumbrado público, bombeo de aguas potables y negras para uso agrícola, y por último, uso industrial y de servicios.

Fig. 5.14; Total de Energía Eléctrica Estatal destinada a Tizayuca, 2016.



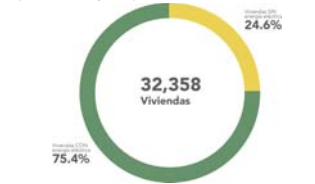
En el 2016 el Estado de Hidalgo produjo un volumen de venta de energía eléctrica de 3,982,812 MWh y distribuyó al Municipio de Tizayuca 228,369 MWh repartidos en:

Fig. 5.15; Gráficas de consumo de energía Eléctrica



En Tizayuca existe un total de 32,358 viviendas de las cuales 24,403 cuentan con servicio de energía eléctrica y 7,955 viviendas no cuentan con dicho servicio.

Fig. 5.16; Gráficas de porcentaje de viviendas con servicio eléctrico



## 5.2 Medio Físico

### 5.2.1 USO DE SUELO

Las consecuencias del crecimiento desordenado han llevado al municipio de Tizayuca a un crecimiento desarticulado de los asentamientos humanos irregulares en zonas no aptas para el desarrollo y lejos de poder recibir de los centros de población la infraestructura y servicios necesarios.

El alto crecimiento de zonas industriales y la falta de regulación en el uso de suelo, comienza a afectar el ordenamiento territorial y la calidad de vida de la población, la carencia de infraestructura de agua potable y alcantarillado, así como de energía eléctrica. Problemas de movilidad, al obligar a las personas a grandes desplazamientos desde su vivienda hacia el trabajo, los servicios y la educación superior.

Dentro del municipio de Tizayuca, quedan alrededor de 2,769.41 Ha de superficie, susceptibles para desarrollo; descontando la superficie deficitaria de áreas irregulares y proporcionando un buffer alrededor del río de 50 m, la superficie restante y sus posibles usos de suelo, serían:

Fig. 5.17; Tabla de Hectáreas en el Municipio de Tizayuca

Región	Área HA
Asentamientos Irregulares	590.32
Cuerpos de Agua	49.91
Área del Río Buffer de 50 mts	142.30
Zonas de inundación	65.75
Área de Protección Ambiental	91.89
Polígonos urbanos	1,577.66
Industrial	387.37
Área Aprovechable	2,769.41
Área del Municipio	7,674.76
Reserva territorial Futura	647.69
<b>Área aprovechable Real</b>	<b>2,121.72</b>

### 5.2.2 DISTRIBUCIÓN EJIDAL

El marco legal reformado en 1992 (artículo 27 y ley agraria respectiva) reconoce tres formas de propiedad de tierras y aguas: pública, privada y social. Esta última corresponde a los núcleos agrarios: ejidos y comunidades agrarias. El ejido se define como las tierras, bosques y aguas entregadas por el gobierno a un núcleo de población campesina para su explotación.

#### Estructura

En cuanto a su estructura territorial, el núcleo agrario está compuesto por uno o varios polígonos ejidales o comunales. Se define como polígono ejidal o comunal los linderos y superficies correspondientes a cada acción agraria o conjunto de acciones agrarias mediante las cuales se dotaron tierras a un núcleo agrario.

La ubicación de los polígonos del núcleo agrario puede presentarse en un mismo estado y municipio en varios de éstos.

#### Destino de la tierra

El destino de la tierra de los polígonos puede ser de tres tipos: Asentamientos Humanos, Uso común y Tierras Parceladas.

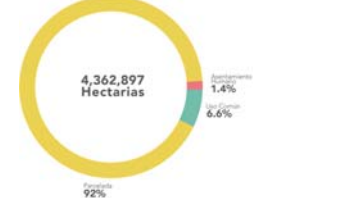


Fig. 5.18; Gráficas de porcentaje de uso de tierras

Mapa de Uso de Suelo

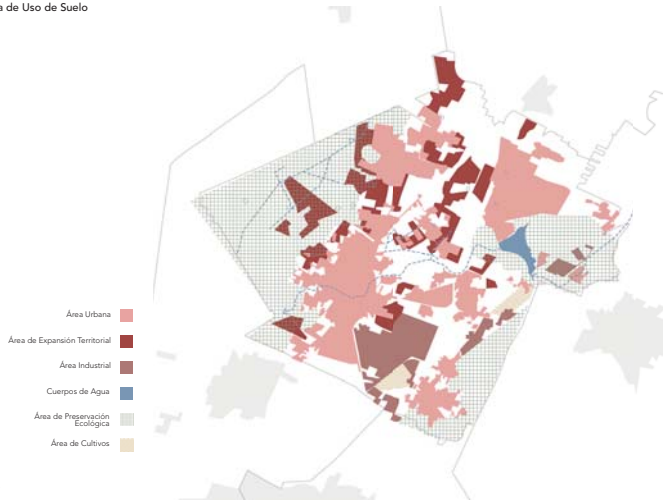


Fig. 5.19: Mapa de Uso de Suelo

Mapa de Distribución Ejidal



Fig. 5.20: Mapa de Distribución Ejidal



### 5.2.3 CUENCA HIDROLÓGICA

Las características hidrogeológicas de la Cuenca del Río de las Avenidas de Pachuca, Hidalgo, determina la existencia de tres unidades acuíferas que tienen conexiones hidráulicas entre sí y forman un sistema acuífero. Todo este sistema acuífero constituye una zona de recarga, y sólo existe descarga en forma artificial y es superior a la recarga, la explotación produce el descenso del nivel del agua en un promedio de un metro por año. Un estudio de piezometría, según el Instituto de Geografía 1993 ha evidenciado que el flujo regional presenta una dirección N-S, a partir del cerro Cubitos.

En términos generales el agua subterránea de esta cuenca es de buena calidad para cualquier uso, pero existen zonas como Tëllez y Tizayuca, donde se detectan índices de contaminación.

La cuenca del Río de las Avenidas, de Pachuca, Hidalgo tiene una superficie de 1,941 km<sup>2</sup>; el 25% de esta superficie corresponde a la planicie que se extiende desde la Sierra de Pachuca, al norte, hasta la Sierra de Guadalupe, al sur. Como resultado del crecimiento ilimitado de la CDMX, el mayor porcentaje del área meridional de la planicie constituye parte de la zona metropolitana de esta ciudad, como es de suponerse, un crecimiento urbano de estas dimensiones requiere de un gran volumen de agua y para satisfacerlo parcialmente, se ha hecho

La cuenca del Río de las Avenidas aporta en promedio 1.3 m<sup>3</sup>/s de agua para satisfacer las necesidades de la zona metropolitana e incluso, a la CDMX, y abastece también a la población local cuyas principales ciudades son Pachuca, Tizayuca, Ciudad Sahagún y Zumpango. Es notable la ausencia de estudios hidrogeológicos de esta cuenca por lo que no existe control de la extracción del sistema acuífero.

El 25% de la superficie de la cuenca del Río de las Avenidas es cultivable. De la superficie agrícola el 0.04% se riega con agua residual y el 0.006% con agua de pozo. En el primer caso destacan los ejidos Reforma y Pachuquilla que aprovechan, sin previo tratamiento, el agua residual de la ciudad de Pachuca más el excedente de la compañía Minera Pachuca Real del Monte.

Al NE de Zumpango se utiliza para riego tanto el agua residual que lleva el Río de las Avenidas como el agua de pozos. En el valle de la Ciudad Sahagún también se riega con agua residual, no tratada, procedente de Ciudad Sahagún, Tepeapulco e Irolo.



Limite de Subcuenca del Río de las Avenidas —  
Municipio de Tizayuca ■

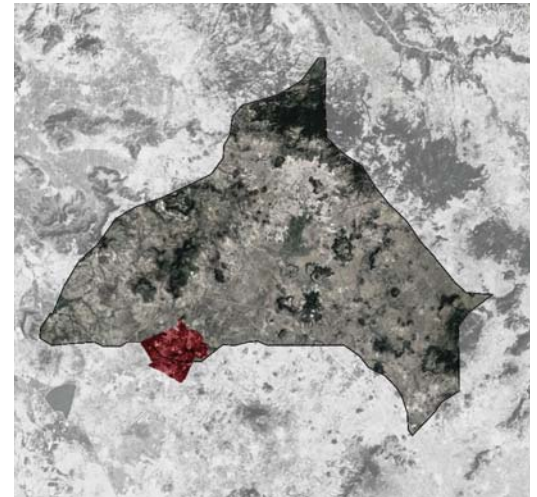


Fig. 5.21: Mapa de la Subcuenca Hidrológica

Los principales ríos de la cuenca son: el de las Avenidas, de Pachuca, que es el cauce principal del área; se origina en la sierra del mismo nombre y desemboca en el Gran Canal; el Papalote, que se inicia en la planicie de Irolo y se une al anterior en la zona de Mogotes. Existen numerosos escurrimientos que al llegar a la planicie se infiltran. El régimen hídrico de los arroyos está condicionado a las características hidrogeológicas del área. Así, los arroyos que drenan rocas poco permeables traducen directamente los episodios lluviosos y se presentan caudales torrenciales de gran irregularidad, con periodos de estiaje muy marcados; los arroyos de la Palma, Epazoyuca y Acayuca son ejemplos de esto.

El escurrimiento que drena terrenos más permeables tiene un caudal de base más constante que desaparece lentamente al entrar a la planicie y conforme disminuye el drenaje del agua de lluvia. Posteriormente, fluyen de nuevo al llegar las lluvias; los ríos Papalote y de las Avenidas tienen este comportamiento.

El aporte medio del Río de las Avenidas, a la salida de la cuenca, es de aproximadamente cinco millones de m<sup>3</sup> anuales, registrándose el 80% del total en época húmeda, el resto corresponde a flujo de agua residual.

El agua residual de la ciudad de Pachuca, más el agua excedente de las minas de Pachuca forman un volumen aproximado de 0.700 m<sup>3</sup>/s. En la temporada seca este caudal es utilizado para riego, sin recibir previo tratamiento. El riego se realiza a través de canales naturales; también se vierte el agua en zonas bajas, formando pequeños lagos donde una parte se infiltra y otra se evapora.

En la estación de lluvias el agua residual más la pluvial, mezcladas, fluyen río abajo; en su recorrido parte del agua se infiltra o se evapora en la planicie, parte de este caudal llega al Gran Canal, para salir hacia el río Moctezuma.

Los manantiales que afloran en la cuenca son captados para uso doméstico y los volúmenes aproximados son de 189,216 m<sup>3</sup> anuales. La cuenca de Pachuca recibe escurrimiento superficial a través de los canales artificiales construidos para drenar hacia ésta las cuencas de Apan y Tecocomulco, el volumen promedio anual sale de esas cuencas es de ocho millones de m<sup>3</sup>, del cual 12% es agua residual que, al igual que al sur de la ciudad de Pachuca, en época seca se utiliza para riego en el valle de Sahagún.



Red Hidrográfica

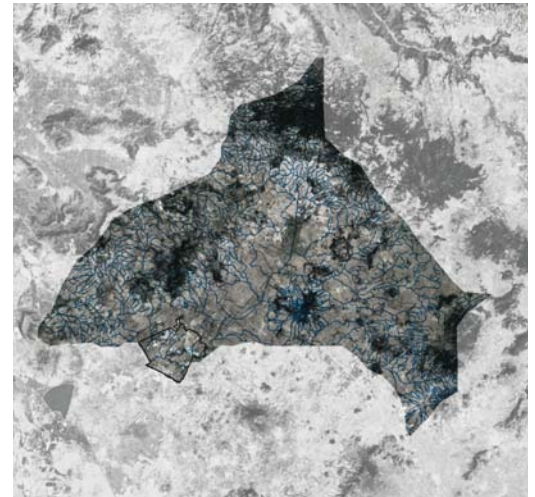


Fig. 5.22: Mapa de la red hidrográfica de la Subcuenca

## 5.2.4 INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

En México, el Congreso de la Unión adicionó el 8 de febrero de 2012 un sexto párrafo al artículo 4° para elevar a rango constitucional el derecho humano al agua y saneamiento, con lo que se obliga al Estado a promulgar una nueva legislación en la materia. Además, el Estado asume la responsabilidad de respetar, proteger y garantizar su cumplimiento en forma accesible, suficiente, salubre, aceptable y asequible con participación de la ciudadanía.

El Municipio de Tizayuca se encuentra ubicado sobre el acuífero Cuautitlán- Pachuca. Este abarca 38 municipios, tanto del estado de México como de Hidalgo. Registra 1,027 áreas de aprovechamiento, 894 para el Estado de México y 133 del Estado de Hidalgo.

Los principales centros de población que dependen de este acuífero se ubican en el Estado de México concentrados en la cabecera municipal Cuautitlán Izcalli y en la capital de Hidalgo, Pachuca, así como el propio Tizayuca.

La CONAGUA registra para este acuífero un total de entradas o recarga de agua de 202.9 mm<sup>3</sup>/año y una descarga o extracción de 483.3276 mm<sup>3</sup>/año, lo que da un déficit de -280.4276 mm<sup>3</sup>/año.

El Acuífero Tizayuca – Pachuca está semi confinado y sobre explotado, y se encuentra bajo una condición de veda rígida desde 1954. La recarga del acuífero, según el Gobierno del Estado de Hidalgo, se genera al noroeste en la Sierra de Tezontlalpan con abatimientos en áreas localizadas al sur de Pachuca. Este acuífero es uno de los más importantes de esta región del país, con una superficie aproximada de 4,349 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 23.6% de la Cuenca del Valle de México, siendo la principal fuente de abastecimiento de la zona norte de la Ciudad de México, según el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo 2009-2012.

La región cuenta con escasos recursos hídricos, en su mayoría subterráneos y que se encuentran sobreexplotados, para llevar agua a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. De acuerdo con estimaciones de la Comisión Estatal del Agua, de continuar explotándola al ritmo actual en un futuro no muy lejano la dotación de agua será insuficiente y será necesario traerla de otra región hidrológica.

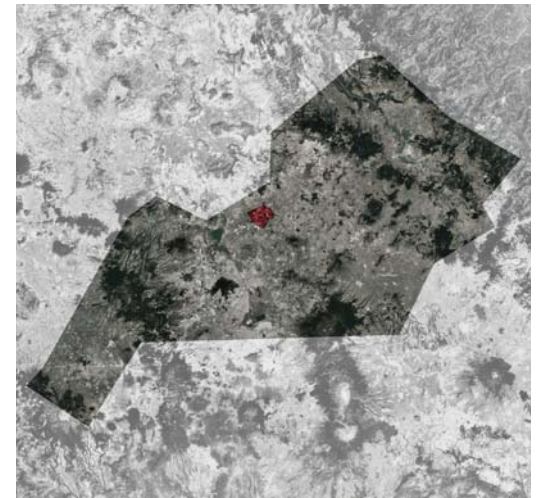


Fig. 5.23: Mapa de los límites del Acuífero

La infraestructura hidráulica de la región XIII se constituye por:

- 121 presas, bordos y abrevaderos;
- 102 mil hectáreas con riego;
- 62 plantas potabilizadoras en operación;
- 120 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación;
- 379 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación; y
- 533 kilómetros de acueductos en los Sistemas Cutzamala y PAI.

Fig. 5.24: Tabla de Presas en la Región XIII

Región	No. total de presas	No. de presas operadas por CDMX/PAI	No. de presas operadas por otros organismos	Capacidad (km <sup>3</sup> )
CDMX	22	2	20	3.13
Hidalgo	41	6	40	573.68
Edo de México	30	22	18	160.36
Morelos	2	2	0	264.00
Tlaxcala	4	4	4	1.20
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>41</b>	<b>83</b>	<b>1,708.30</b>

#### Sector hidroagrícola

En el ámbito de la región XIII, el sector agrícola está conformado por siete distritos de riego (DR) y 350 Unidades de Riego para el Desarrollo (Underales) registradas. El DR 003 Tula representa el 41% de la superficie total regada en la región; el DR 100 Alfajayucan, el 32%; en tercer lugar está el DR 096 Arroyo Zarco, con el 15%; y los otros cuatro distritos en conjunto suman el 12% restante.

Fig. 5.25: Tabla de Infraestructura de los Distritos de riego (km)

No.	Nombre	Entidad	Canales revestidos	Canales no revestidos	Carreteras	Drenes
003	Tula	Hidalgo	238	199	526	109
044	Jirauque	Morelos	39	39	48	0
073	La Concepción	Morelos	0	27	57	0
086	Chiconautla	Morelos	37	34	119	7
06	Arroyo Zarco	Morelos	36	85	341	0
100	Alfajayucan	Hidalgo	243	0	376	22
112	Apulucan	Hidalgo	34	0	36	0
<b>Total</b>	<b>627</b>	<b>337</b>	<b>1,839</b>	<b>187</b>		

#### Plantas potabilizadoras

A diciembre de 2012, en la región se tenían 62 plantas potabilizadoras en operación, con una capacidad instalada de 6 mil 275 litros por segundo. La planta potabilizadora más grande en la región y del país es la de Los Berros, ubicada en la localidad del mismo nombre, en el municipio de Villa de Allende, Estado de México. Esta planta forma parte del Sistema Cutzamala y atiende una parte importante del suministro de agua potable a la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca y México.

Fig. 5.26: Tabla de Plantas potabilizadoras en la Región XIII

Entidad Federativa	No. de plantas en operación	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)
CDMX	39	4,593	3,422
Hidalgo	19	262	262
Edo de México	4	1,400	1,100
<b>Subtotal</b>	<b>62</b>	<b>6,275</b>	<b>4,861</b>
Tlaxcala	34,000	14,810	
<b>Total</b>	<b>30,275</b>	<b>19,271</b>	

#### Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales

Para el tratamiento de aguas residuales municipales, en la región se tienen 120 plantas, las que en el año 2012 trataron 7 mil 021 litros por segundo del agua residual generada y colectada en los sistemas municipales de alcantarillado en la región. De las 120 plantas de tratamiento en operación, destacan 22 por tener una capacidad instalada igual o mayor a 100 litros por segundo; sin embargo, la mayoría de ellas operan por debajo de lo diseñado.

Fig. 5.27: Tabla de Plantas de tratamiento de agua residual municipal en la Región XIII

Entidad Federativa	No. de plantas en operación	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)
CDMX	28	6,771	3,063
Hidalgo	6	147	147
Edo de México	78	5,251	3,740
Tlaxcala	8	80	71
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>12,249</b>	<b>7,021</b>

#### Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales

Para el tratamiento de aguas residuales industriales en la región, en el año 2012 se registraron 358 plantas en operación, las cuales operan con una eficiencia global de 84.62 por ciento. De las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación, sólo nueve de ellas tienen una capacidad instalada superior a los 100 litros por segundo.

Fig. 5.28: Tabla de Plantas de tratamiento de agua residual industrial en la Región XIII

Entidad Federativa	No. total de plantas	No. de plantas en operación	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)
CDMX	163	162	367	699
Hidalgo	44	25	1,074	992
Edo de México	171	158	2,631	2,141
Tlaxcala	6	4	24	20
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>359</b>	<b>4,316</b>	<b>3,652</b>

#### Presupuesto Hídrico, Tizayuca

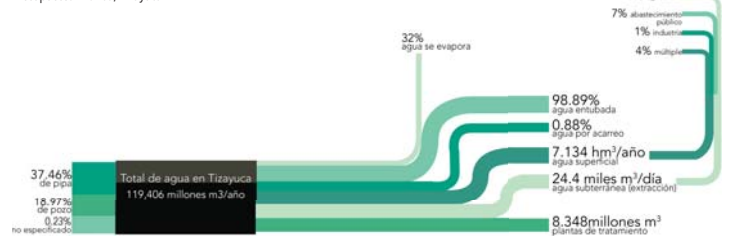


Fig. 5.30: Diagrama del Presupuesto Hídrico de Tizayuca

## 5.2.5 CONTAMINACIÓN HÍDRICA

En el municipio de Tizayuca existen altos niveles de contaminación tanto superficiales como subterráneas, tratarlas es de suma importancia debido a que son utilizadas para las actividades humanas, pero el crecimiento urbano y el desarrollo de la industria han causado su contaminación.

### Contaminación Subterránea

Los niveles de contaminación en los acuíferos han propiciado que se limiten los usos del agua y se impacte la salud pública y el ambiente de muchas comunidades. Las fuentes de contaminación química y microbiológica son numerosas. Estas fuentes incluyen la práctica de disposición en el suelo de los efluentes de agua de desecho, lodos, desechos sólidos, efluentes de tanques sépticos y escurrimientos urbanos, uso inadecuado de fertilizantes agrícolas y plaguicidas para el control fitosanitario.

En los últimos años se ha reportado que en el agua subterránea existen microorganismos, como las amebas de vida libre (AVL), de ellas algunas pueden causar enfermedades en el humano. En el municipio de Tizayuca se detectaron amebas en todos los pozos, pero no se ha podido comprobar su papel como causantes de las enfermedades, por lo que no existe un gran riesgo, aunque el agua debe de ser desinfectada para evitar problemas de salud a los usuarios.

### Contaminación Superficial

La contaminación superficial de los diversos cuerpos de agua del municipio de Tizayuca van desde contaminantes sólidos urbanos hasta contaminación residual clandestina, debido a que existen localidades cercanas a dichos cuerpo de agua, se han realizado brigadas de limpieza para combatir con la cantidad de desechos que se encuentran presentes.

### Caso de la presa El Manantial

En una jornada de limpieza en la presa El Manantial, ubicada en la comunidad Tepojaco, se reunieron aproximadamente cinco toneladas de basura; los materiales que más predominaron durante la limpieza fueron bolsas y botellas de plástico.

Cabe destacar que la presa El Manantial no es un cuerpo de agua natural. Se trata de una presa construida por la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos entre los años 1959 a 1962, con el objeto de proteger el área urbana de Tizayuca.

La presa es operada por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México y los volúmenes almacenados están concesionados a una asociación de usuarios ubicado en el municipio de Tizayuca mismos que constituyen la Unidad de Riego Tepojaco, con una superficie de 91 hectáreas. Dicha concesión ampara un volumen anual de 829 mil 100 metros cúbicos.

La presa representa un peligroso foco de infección que pone en riesgo la vida de unas seis mil personas que habitan a su alrededor, debido a la contaminación de sus aguas durante los últimos diez años.

De acuerdo con regidores, el problema se ha agravado en los últimos seis años, debido, entre otros factores, a la apatía del gobierno estatal para frenar la contaminación de empresas como Plásticos Plymouth y Servicios Industriales de Tizayuca (antes Cartонера La Estrella) y dos fraccionamientos construidos por las inmobiliarias Valdespino y Casas Qurna.

## 5.2.6 DEGRADACIÓN DEL SUELO

En Hidalgo, el 70% de la población vive en áreas con proceso de desertificación, esto se refiere al proceso de avance de la degradación en tierras forestales y agropecuarias, inducidas por el hombre y por las variaciones climáticas; es decir, la transformación paulatina de áreas de terrenos productivos a degradados, principalmente en zonas áridas, los cuales son las más vulnerables y sucede en todas las condiciones climáticas y que implica la fragmentación y la deforestación, el deterioro de los recursos hídricos en calidad y cantidad, así como degradación y erosión de los suelos, se inicia con la reducción de la productividad y termina con la pérdida total del suelo; cuando esto sucede en zonas áridas y semiáridas.

El suelo es un recurso natural considerado como no renovable, debido a que resulta difícil y costoso recuperarlo; más aún, mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado por las fuerzas abrasivas del agua o del viento o deteriorado física o químicamente.

Las causas de la degradación de los suelos en el país involucran actividades de diversa índole: 35% de la superficie nacional degradada se asocia a las actividades agrícolas y pecuarias (17.5% cada una de ellas) y 7.4% a la pérdida de la cubierta vegetal. El resto se divide entre urbanización, sobreexplotación de la vegetación y actividades industriales.

Otras causas del deterioro de los suelos están exclusivamente ligadas con las actividades agrícolas, específicamente con prácticas inadecuadas de producción tales como: la aplicación excesiva de riego, la quema de residuos de cosecha, el exceso de labranza y la falta de prácticas de conservación de suelo y agua.

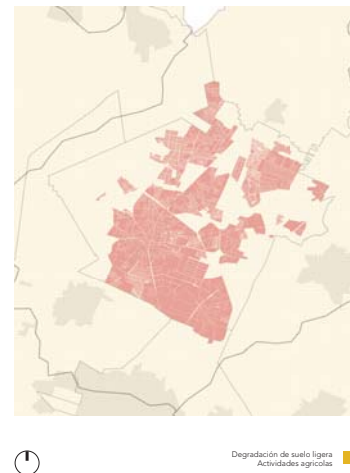


Fig. 5.31: Mapa de degradación del suelo

## DECONSTRUCCIÓN HÍDRICA RESIDUAL



En este capítulo abordaremos el proceso de planificación y desarrollo de un proyecto Urbano Arquitectónico con intervenciones paisajísticas en respuesta a las problemáticas mencionadas en capítulos anteriores.

La metodología que planteamos para desarrollar la propuesta proyectual se basa a partir de la síntesis de la información cualitativa y cuantitativa que nos han dado las herramientas para entender el híbrido infraestructural ya antes descrito y poder entender como integrarlo en el sitio de estudio considerando toda una serie de determinantes y condicionantes presentes (ver capítulo 4, Análisis Regional; 5, Análisis Municipal y 8, Anexos).

De forma general abordaremos las problemáticas hídricas, sociales y residuales en las viviendas aledañas a la presa "El Manantial"; y efectuando el análisis que se realizó en la investigación previa a este proyecto y en sumatoria al híbrido infraestructural generaremos una propuesta fundamentada para la resolución de nuestra hipótesis principal:

"La generación de sincronía de infraestructuras multiescalables hídricas, energéticas y residuales, generará una estabilidad y resiliencia por la interacción de múltiples procesos. Estas infraestructuras dispuestas en el territorio por medio del paisaje vinculadas con tipologías de vivienda, equipamiento, áreas verdes y vialidades permitirá una cohesión cultural y socioeconómica en la zona de implementación, y fortalecerá la relación entre el desarrollo humano y el medio ambiente. Estos factores por sí mismos disminuirán la vulnerabilidad hídrica local y la inestabilidad ante el cambio climático."

A partir de esta hipótesis, nuestra intención es, a través de este proyecto, estudiar y presentar los potenciales del híbrido infraestructural propuesto, demostrar la versatilidad y practicidad de las infraestructuras y características del diseño paramétrico con beneficios bioclimáticos puestos a prueba en este ejercicio teórico.

Adicionalmente presentaremos propuestas que beneficiarán en más de un sentido positivo a la población que habita y/o posteriormente habitará en dicha zona, estos beneficios se verán reflejados en una economía circular con apropiación de espacios públicos y versatilidad en espacios abiertos, atracción turística que incremente el ingreso bruto

de la población local de la presa "El Manantial" y la concientización sobre el cuidado de las áreas naturales con las que se ven privilegiados los locatarios; cabe destacar que se proponen espacios de agricultura y la generación de un plan para hacer que este empleo de tierras sea lo más funcional en conjunto con la propuesta general.

Más adelante en este capítulo, se presenta un nuevo prototipo de vivienda con características que reflejan la incorporación de criterios bioclimáticos y de resiliencia que respondan ante una crisis mundial como lo es el cambio climático. Cabe destacar que la vivienda toma un papel importante en el conjunto de la propuesta, la participación de las personas y la vivencia diaria que se plantea en el prototipo del proyecto son la clave para que todo el sistema funcione.

Para terminar, es necesario mencionar que el híbrido infraestructural depende de la vivienda y de las comunidades para obtener resultados óptimos y gracias a su cualidad multiescalar responderá a diferentes escenarios sociales. La elaboración de Tizayuca como inicio de la investigación del proyecto, (ver apartado 4, Análisis Regional) nutrirá de elementos indispensables para dar un buen ejemplo de la capacidad de alcance de nuestro proyecto "Deconstrucción Hídrica Residual", como lo presentamos a continuación.

Fig. 6.1: Vista Aérea, Municipio de Tizayuca

## 6.1 Síntesis Territorial

Nuestra área de estudio se encuentra en la región hidrológica número 26 cuenca D, que tiene un área aproximada de 46.165 km<sup>2</sup> con una evapotranspiración del 72.8%, un escurrimiento del 15.7% y una infiltración 11.3%, en esta cuenca convergen 4 áreas de gran importancia territorial, siendo estas la Cuenca del Valle de México, la Subcuenca del río de las Avenidas, el Acuífero Cuautitlán - Pachuca y la ZMVM, formando en conjunto un eje territorial de gran extensión.

En Tizayuca-Pachuca la hidrología superficial es relativamente simple y de poca consideración, existiendo solo pequeños escurrimientos de carácter torrencial, presentando un drenaje de tipo radial y subdrenítico teniendo presentes zonas con riesgo de inundación.

Pudimos observar que el clima predominante en esta zona es el Seco Templado y Semifríos Semisecos con una precipitación anual de 132 m<sup>3</sup> dando como consecuencia una franja vegetal favoreciente mayoritaria de zonas de agricultura de temporal lluvioso.

El uso de suelo ambiental continua perdiendo territorio debido a la extensión territorial urbana y apropiación del suelo con fines agropecuarios.

El municipio de Tizayuca cuenta con grandes zonas agrícolas de mediana y alta productividad y zonas para la producción agropecuaria; En algunas comunidades del municipio se cultiva principalmente trigo, maíz, frijol y sorgo.

Por otra parte el Municipio de Tizayuca, es el centro de atención de promotores privados para la comercialización de suelo y vivienda habitacional, residencial, media y de interés social.

A pesar de contar con plantas de tratamiento, muchas no están en funcionamiento y los distritos de riego existentes no tienen las condiciones adecuadas.

Es importante tener en cuenta los análisis territoriales para entender y abordar cada sitio con sus características particulares, de esta forma nuestra intervención será más útil y con resultados favorables. La vivienda de bajo costo se ha expandido en las zonas periféricas, pero



los empleos están concentrados en el núcleo metropolitano. El sistema de transporte no ha podido ir de la mano con el rápido crecimiento urbano. La vivienda y el crecimiento poblacional se han dado en gran medida fuera de la Ciudad de México, a sitios donde la regulación de uso del suelo y su aplicación tienden a ser menos restrictivas y la vivienda suele ser más accesible en términos económicos.

El abandono de vivienda en Tizayuca representan cifras de gran preocupación y debido a ello se han generado diferentes metodologías para identificar las principales causas del abandono de la vivienda. Se encontraron dos factores principales, el primero agrupa características socio-económicas que refleja aspectos de marginación y el capital social; mientras que el segundo factor, agrupa condiciones físico-espaciales de las áreas urbanas. Como resultado, la mayor parte de viviendas abandonadas están localizadas en municipios con condiciones físico-espaciales desfavorables pero cuyas situaciones socio-económicas son positivas.

Este proceso ha contribuido a la expansión urbana. Sin embargo, el empleo ha seguido concentrándose en el núcleo metropolitano: en las cuatro delegaciones centrales de la Ciudad de México se ofrece un tercio de los empleos y el 43% de los empleos del sector servicios. Como resultado, en la ZMVM, más del 40% de los habitantes cruzan al menos una frontera municipal para llegar a su trabajo. La creciente distancia entre los centros residenciales y los centros de empleo ha provocado un aumento en las distancias y tiempos de traslado.

Adicionalmente la distancia al trabajo juega el papel más importante al momento de abandonar una vivienda, contrasta a lo esperado, la inseguridad y los desastres naturales son menos relevantes al momento de decidir abandonar una vivienda.

Un modelo de regeneración urbana más integrado podría mejorar el bienestar en las zonas más pobres del Valle de México. El informe Urban Policy Review of Mexico 2015 de la OCDE concluyó que "México tendría que construir ciudades, no sólo casas."

Fig. 6.2; Muro del Fraccionamiento Don Antonio

## 6.2 Análisis de sitio

### 6.2.1 PRESA

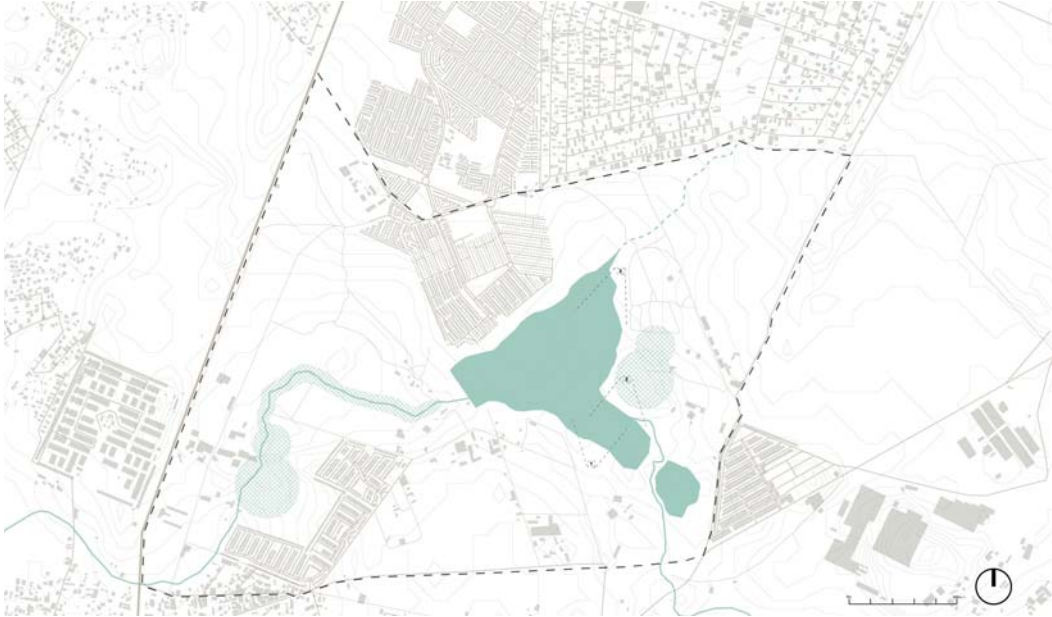
El lugar de intervención esta ubicado en el municipio de Tizayuca, Estado de Hidalgo, entre los municipios de Zumpango, Estado de México y Tecamac, Estado de México. El sitio comprende de la presa El Manantial, el río de las Avenidas, tres fraccionamientos habitables que rodean la presa y entre estos, diversos campos de cultivo. Otro factor importante a destacar, son la cercanía de diferentes fabricas y como estás desechan sus aguas al río que posteriormente llegan a la presa, causando una contaminación mayor al río de salida de la presa.

En épocas de lluvia se forman algunas escorrentías que culminan en la presa y diversas zonas son altamente inundables, en tanto que en época de secas, el entorno es muy árido.

Si bien el problema hídrico de la zona se ve reflejado de diferentes maneras con diferentes contextos, debe ser atacado de manera conjunta, es decir, ver la presa El Manantial como el principal eje conector y de intervención, pero a su vez atender la contaminación del río, tanto entrante, como saliente de la presa, las zonas inundables en temporada de lluvias, y el agua residual vertida por todos los fraccionamientos de la zona.

■ Se generan **2650 m<sup>3</sup>/día** de aguas residuales dentro de los 4 fraccionamientos y poblaciones aledañas.

Fig. 6.3; Presa El Manantial  
Fig. 6.4; Mapa de Cuerpos de Agua y Escorrentías





## 6.2.2 DESARROLLO HABITACIONAL

La vivienda aledaña a la presa se compone por las siguientes colonias de vivienda social: Fraccionamiento Don Antonio, El Cid, El Manantial, La Posta y Emiliano Zapata. Estas 5 colonias son habitadas por una población de más de 23 mil habitantes.

Se observa una segregación social por la falta de una identidad local. En las 5 colonias el porcentaje de viviendas deshabitadas es de 47% debido a la lejanía de fuentes de trabajo, la falta de infraestructura y la escasez de equipamiento. Las colonias se encuentran divididas por fraccionamientos o calles cerradas por la construcción inmobiliaria y para la seguridad interna de sus usuarios sin embargo a partir de esto se ha debilitado la comunicación de los habitantes hacia oportunidades sociales, de equipamiento y/o de empleo.



Don Antonio 1  
El Cid 2  
El Manantial 3  
La Posta 4  
Emiliano Zapata 5

Área de intervención - - - - -

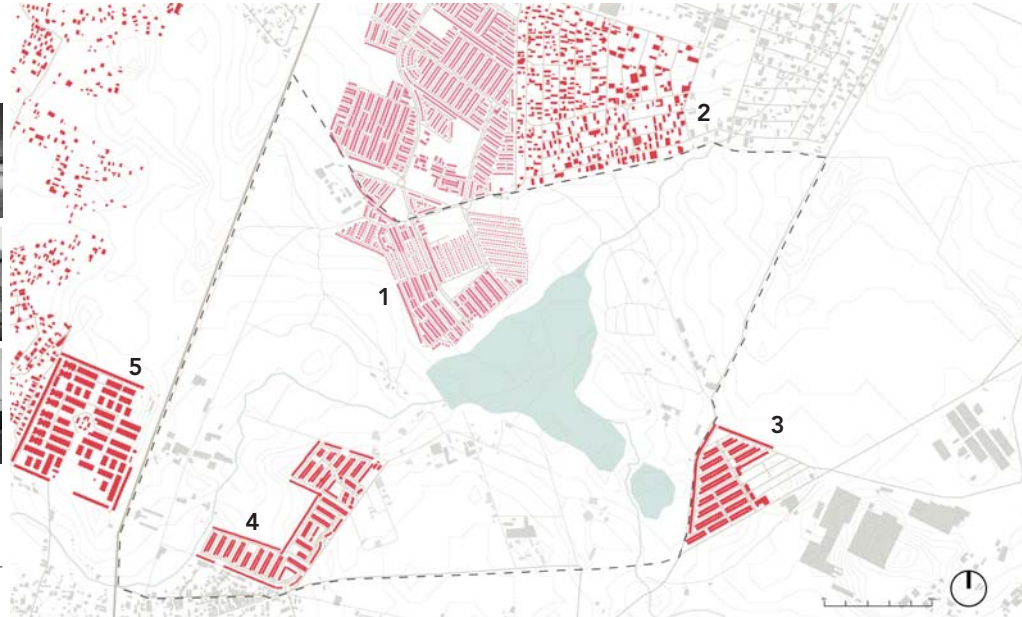


Fig. 6.5; Fraccionamientos

Fig. 6.6; Mapa de Desarrollo Habitacional en las inmediaciones de la Presa

La vinculación del sector habitacional con la presa El Manantial es inexistente. El fraccionamiento Don Antonio, al norte, es el de mayor proximidad con la presa. Con 80 metros aproximadamente, se encuentra delimitado física y visualmente con un muro de contención. Esta barrera restringe la vinculación de los habitantes con su medio físico natural, generando paulatinamente un desapego de la población hacia su hábitat y finalmente la degradación natural y construcción inmobiliaria en el sitio.

Los habitantes de estas 5 colonias figuran el 20% de la población de Tizayuca, lo que constituye una fracción importante de desechos urbanos sólidos e hídricos. Las colonias al norte de la presa El Manantial, el fraccionamiento Don Antonio y El Cid, carecen de infraestructura hídrica, desalojando sus aguas residuales en la presa. Diariamente el cuerpo de agua es contaminado con 2,644.92 m<sup>3</sup> de agua negra que posteriormente siguen su curso por el río de las Avenidas, afectando distintas localidades en un trayecto de 28.7 km hacia la laguna de Zumpango. De igual manera, los cuerpos de agua son afectados constantemente por la falta del manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos, provocando ocasionalmente desbordamientos del río.

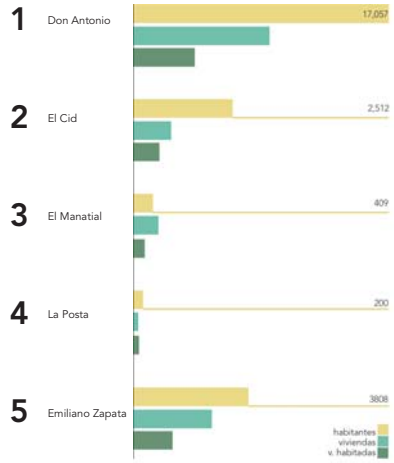


Fig. 6.7; Gráfica Habitabilidad  
Fig. 6.8; Mapa de Residuos en inmediaciones de la Presa



### 6.2.3 INDUSTRIA

La industria de la zona esta constituida básicamente por la generación de aceites, por el reciclaje de papel y por la industria de la maquinaria de equipos y accesorios de izaje. Estas industrias, se encuentra en un radio cercano a la presa los manantiales y desechan grandes cantidades de agua contaminada a esta misma y al río que la alimenta.

En los planes de desarrollo de Tizayuca, se prevee una expansión de las industrias en esta zona, generando un nuevo parque industrial que afectaría en mayor medida el agua del río y de la presa, sin contar los residuos generados por estas mismas. La zona industrial de Tizayuca se vuelve fundamental en plan maestro del proyecto, ya que es uno de los mayores conflictos para la cuestión hídrica y residual. Para contrarrestar sus efectos se plantean diferentes estrategias que van desde una reducción de contaminantes por medio de humedales dentro del río, la disposición de sus residuos en la planta de selección propuesta, y la generación de empleos para los mismos habitantes de la zona, eneramos un ciclo de consumo y de adaptación territorial, sostenida por una economía, que genera el interes tanto de los usuarios, como de las industrias.



Fig. 6-9: Gráfica Industrial  
Fig. 6-10: Mapa de Industrias en inmediaciones de la Presa



### 6.2.4 VIALIDADES

El sitio se encuentra cercano a la autopista Mexico - Pachuca, esta vía da entrada a diferentes vías secundarias que pasan por los poblados de Tepojaco y La Rosita, que dan un acercamiento por la parte Sur a la presa.

Las otras vías secundarias se conectan directamente de la autopista a los fraccionamientos Vista Hermosa y Privada el Laurel.

Las vías primarias que se conectan entre el poblado y los fraccionamientos, en su mayoría son de terrecería y están en todo el perímetro de la presa.

Las vialidades en sí, son importantes en la comunicación del proyecto, pero no indispensables. Se plantea una movilidad más adaptada al estado en el que esta la zona, que a una movilidad dependiente de los automóviles. Es por eso que se proponen regenerar las vías, para una mayor utilización de bicicletas y el peatón en sí, sin dejar de lado la movilidad de algunos animales que tradicionalmente ya se hace hoy en día.



Fig. 6-11: Vialidades  
 Fig. 6-12: Mapa de Vialidades en inmediaciones de la Presa

## 6.2.5 AGENTES Y USUARIOS



Los usuarios actuales en la zona de la presa "El Manantial" han optado por invertir en fraccionamientos de vivienda que les brinden seguridad y accesibilidad financiera; pero se caracterizan por un crecimiento disperso, fragmentado y monofuncional, haciendo que quienes viven en esta zona en particular tengan una reducida accesibilidad a diversos conjuntos de bienes y servicios necesarios más allá de la vivienda misma.

En cuestiones de ingresos, los locatarios de esta zona tienen la posibilidad de trabajar en el sector agrario o industrial, los pequeños y grandes comercios también forman parte de los empleos populares y principalmente también son empleados en la Ciudad de México y/o Hidalgo.

Actualmente existe una limitante en el crecimiento económico de la zona de la presa "El Manantial" ya que la mayoría de los pobladores se trasladan a zonas con mayores posibilidades financieras.

Fig. 6.13; Población Local



Los usuarios pensados para este proyecto son personas que habitan en el sitio o posibles habitantes que buscan opciones económicas más rentables y puedan combinar su trabajo con la economía que se forme a partir de un nuevo modelo agrario.

Otra proporción de habitantes contempla a los trabajadores de las industrias cercanas con el fin de disminuir sus horas de traslado y así aumentar su rendimiento tanto personal, como económico y laboral.

Se plantea que estos usuarios habiten el proyecto conforme se consoliden las etapas y puedan generar una economía propia a través del turismo local con la presa restaurada y la agricultura.

Además se pretende que la comunidad de nuestra nueva forma de vivienda sea organizada en un ámbito de participación social en el que el propósito de crecimiento comunal sea primordial, en el que se satisfagan todas las necesidades sociales que brinden a la comunidad de confort y bienestar.

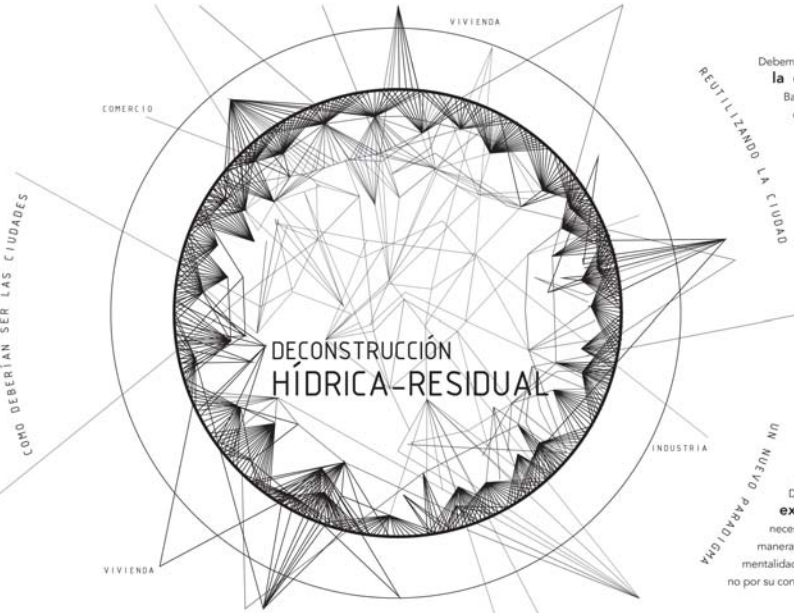
Fig. 6.14; Población Trabajadora

### 6.3 Proceso Conceptual

#### MANIFIESTO

Muchas veces nos cuestionamos sobre nuestra vida en la tierra; a qué nos dedicaremos, que estudiaremos, **cuál será nuestro legado**, qué haremos para sobrevivir nuestro paso y cuáles serán nuestras acciones para conquistar el universo. Pero muy **pocas veces, nos cuestionamos** sobre la huella que dejamos aquí: los animales que cazamos, que vestimos, los que dejan de existir, **la basura que generamos**, nuestra huella de carbono, ese rastro que deja nuestro día a día. Es momento de encontrar las **estrategias de diseño** que nos otorguen una mejor manera de convivir en el espacio que habitamos, **aprovechar los recursos "inútiles"** para el beneficio del planeta. Es imperativo: **ya no desperdiciar más tiempo.**

Fig. 6.15; Diagrama de Manifiesto



Debemos buscar generar y dar un nuevo propósito a la residuos:  
**la energía desde el desperdicio.**  
 Basta de que la vida del desperdicio sea lineal, debemos indagar dentro de ella, conscientes de que habla de nuestra historia y reflexionar sobre el material con el que está hecha, darle vueltas en un triángulo infinito, transformándola una y otra vez y que **NUNCA** termine inmóvil, inerte, con ese descanso que nuestras conciencias nunca deberían tener.  
**Los residuos son un tabú del hombre**, resultado de prejuicios, donde la deseamos lo más lejos posible y pensamos que su único re uso es saciar el hambre del pobre: **que equivocados estamos.**

**!La BASURA de uno es el tesoro de TODOS!**

**Concientizar y aprender.**  
 En una ciudad que tira sus recursos sin saber su destino final, es importante **reconectar** con el ciclo de las cosas, es decir, crear una **conciencia** del uso antes del consumo, de las consecuencias de nuestros hábitos diarios.  
 Declaramos que es necesario **innovar. Crear y experimentar** sistemas multidisciplinares que respondan a las necesidades y demandas. Sistemas capaces de **aprovechar** de una manera flexible y multiescalar los **desechos urbanos**. Con la mentalidad de algún día referimos a una bolsa de basura por su materialidad y no por su contenido.

El proceso conceptual va de la mano de la narrativa imaginaria de escenarios utópicos y distópicos que nos plantean las incoherencias y deseos más arraigados de la ciudad.

"Lago muerto ciudad rendida ante el motor del automóvil; descendientes de los pueblos originales convertidos a la indigencia; trabajadores en tránsito al taller o a la oficina enlatados en la antesala del Mictlán; el centro ceremonial bajo la losa de cemento; el cantaro roto y la lata de refresco; las noticias convertidas- cabeza tras cabeza- en tzompantli; igual que el progreso en desempleo y la justicia en impunidad y el agua en mierda. Todo eso somos, pero también..."



## DISTOPIA

La distopía no está muy lejos del trayecto actual de desarrollo urbano. En la figura 4.17 se plantea la vista urbana en Tizayuca en 2040, con un crecimiento medio anual de 2.5% y 128,591 viviendas, 119% más que en la actualidad (INEGI, 2010).



Fig. 6.17; Distopia



## UTOPIÍA

Desde el siglo pasado ha sido evidente la contradicción histórica en la gestión hidrológica del Valle y el crecimiento de la ciudad, convirtiéndose imprescindible el estudio y la participación multidisciplinaria para la implementación de estrategias en vista de un equilibrio hídrico. A lo largo de los años se han propuesto alternativas para la conservación de la zona lacustre de la ciudad. En 1965 Nabor Carrillo y Gerardo Crickshank comenzaron el proyecto del antiguo lago de Texcoco, para resolver las múltiples inundaciones, la contaminación del aire y el hundimiento de la ciudad.

En 1998 surge el proyecto de Ciudad Futura, por Teodoro González de León y Alberto Kalach. Un proyecto utópico de infraestructura, ecología y desarrollo urbano para generar un sistema de lagos alimentados por aguas residuales.

La propuesta surge por la convocatoria del Instituto de Cultura de la Ciudad de México y la Universidad Nacional Autónoma de México, sin embargo el proyecto se vio oscurecido por conflictos políticos y la propuesta del Nuevo Aeropuerto de México (NAIM).

No obstante, a partir de la interrupción del NAIM se pretende la creación de un parque ecológico colindante al lago de Texcoco con una extensión de 12 mil 500 hectáreas.



Fig. 6.18; Proyecto Ciudad Futura



La conexión de la ciudad con el agua expresa un lado oscuro de nuestra experiencia urbana. Pero nuestra relación con el agua data desde el año 500 A.C. Mesoamérica tuvo como principio básico la agricultura, generando una valorización al agua y creando a través de ella su visión más profunda de la vida. El término náhuatl para pueblo era atepetli, que significa cerro de agua. La fundación de Tenochtitlán se basó en la búsqueda de un islote rodeado por agua en donde efectivamente fue edificada la ciudad. Sin embargo, en el transcurso de 500 años, el mando de poder se propuso derrotar su topografía

No obstante el gran lago aún habita en nuestro inconsciente colectivo. Las pocas zonas lacustres que se que conservan nos recuerdan lo que perdimos, pero también sirven para proyectar un futuro distinto, para imaginar la reconciliación con nuestro pasado y recuperar una cultura capaz de sembrar y cosechar sobre las aguas; de comunicarse por medio de afluentes, no solo de manera tangible sino una comunicación sensible con el espacio que habitamos; una cultura solidaria con todos los seres vivos capaz de hundir sus raíces no únicamente en la piedra, sino en el agua.



Fig. 6.19; Utopía

## 6.4 Análogos

### PARQUE DEL HUMEDAL DEL CENTRO CULTURAL DE HARBIN

Despacho: **Turandscape**  
 Lugar del proyecto: Harbin, provincia de Heilongjiang, China  
 Categoría de artículo: Ciudad esponja  
 Escala del proyecto: 118 hectáreas  
 Tiempo de diseño: 2013-7

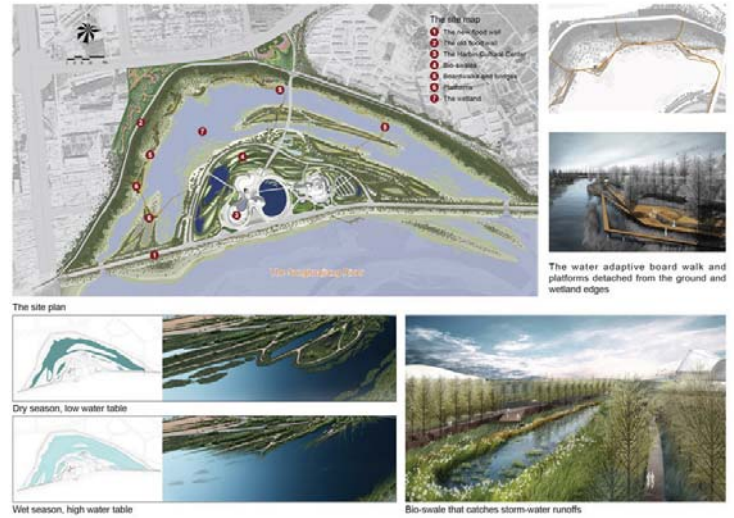
El rápido desarrollo de la construcción urbana al norte del humedal ha provocado graves problemas de lluvia e inundaciones. El agua de lluvia contaminada se vertió en el río, lo que provocó un deterioro de la calidad del agua del río Songhua. Además, la planta de agua de nueva construcción descarga 1.500 metros cúbicos de aguas residuales al río Songhua todos los días.

El diseñador propone transformar este humedal degradado en un área de purificación de agua de lluvia y agua corriente para mejorar el hábitat original del humedal. Al mismo tiempo, se puede utilizar como parque urbano para satisfacer las crecientes necesidades recreativas al aire libre de los ciudadanos.

El estudio encontró que el cambio en el nivel del agua del sitio durante las temporadas seca y lluviosa alcanzaba hasta 2 metros, por lo que buscar combinar espacios públicos con paisajes de humedales flexibles se ha convertido en la clave del éxito del proyecto.

El objetivo del diseño es construir un parque de humedales resistente al agua, convirtiéndolo en una parte orgánica de la infraestructura ecológica y utilizado para purificar el agua de lluvia y el agua residual descargada de las plantas de agua. Además, el arquitecto paisajista cree que las intervenciones de diseño limitadas son la mejor manera de lograr los objetivos del proyecto, para lograr un espacio verde urbano de bajo mantenimiento mientras se restaura la naturaleza y ejerce su gestión del agua de lluvia, es decir, la purificación ecológica del agua.

Fig. 6.20, Parque del Humedal del Centro Cultural de Harbin



## NORRE BUNKEFLO

Despacho: **TERCERA NATURALEZA**  
Lugar del proyecto: Malmö, Suecia  
Escala del proyecto: 345.000 m<sup>2</sup>  
Tiempo de diseño: 2019-en curso

El corredor verde central del plan conecta los espacios naturales de Bunkeflostrand y proporciona espacio para el agua de lluvia, biotopos urbanos, conexiones recreativas y movilidad verde. Cinco espacios urbanos centrales se conectan a todo el Bunkeflostrand y los carriles bici, los canales ruidados y la naturaleza urbana garantizan una buena conexión entre los vecindarios. Todas las unidades de vivienda tienen acceso al espacio habitable verde y delimitado, donde pueden conocerse y tener un área designada adjunta a su propio bloque de viviendas. El plano se encuentra con el barrio existente al sur de la parcela a la misma altura de edificación, pero aumenta en altura hacia el norte, lo que apantalla el área del ruido procedente de la autopista, además de permitir azoteas orientadas al sur.

El estudio determinó tres enfoques temáticos para los Objetivos de los ODS en Norre Bunkeflo a nivel general en función del plan de ciudad específico y el carácter único de la zona. Los tres temas apuntan a buscar una sinergia concreta entre los muchos objetivos y subobjetivos.

### 1 METABOLISMO DE BUNKEFLOSTRAND

El corredor verde que va de este a oeste manejará el agua de lluvia manteniéndola en las tierras bajas del terreno y asegurando la infraestructura crítica de edificios e inundaciones. Al mismo tiempo, el corredor crea espacio para nueva biodiversidad, funciones recreativas y acceso al gran ecosistema de praderas. Esto asegura una calidad de vida, salud pública e integración entre la ciudad vieja y la nueva. Al mismo tiempo, hay un enfoque en una amplia comprensión de los recursos en el distrito, donde se puede recolectar el agua de lluvia, se optimizan los parámetros de confort como el viento y la luz del día y todas las casas sin excepción tienen vista y acceso a entornos verdes.

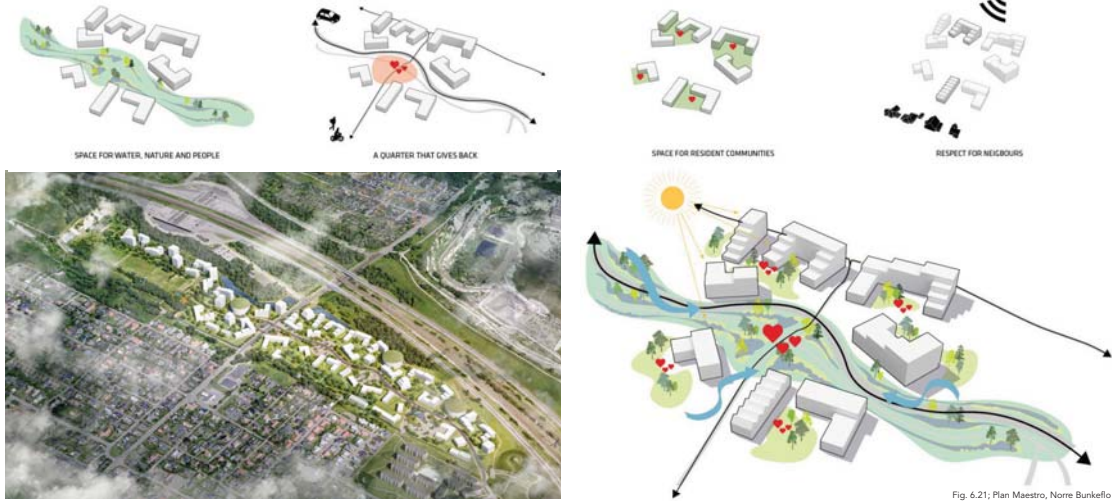


Fig. 6.21; Plan Maestro, Norre Bunkeflo



## 2 ÁREAS COMUNES EN BUNKEFLOSTRAND

La transición verde es un movimiento común y muchas de las iniciativas sostenibles se relacionan con el comportamiento individual y colectivo de las comunidades urbanas. Al mismo tiempo, los vecindarios inclusivos donde todos pueden unirse a la comunidad son más saludables y tienen menos problemas sociales. Los ciudadanos de Bunkeflostrand expresan un gran deseo de nuevas oportunidades para las comunidades y lugares de encuentro.

El estudio propone que el área verde central contenga 5 nuevas áreas comunes que se pueden desarrollar en diálogo con los antiguos y nuevos residentes de la zona. Aquí puede hacer cafés de transición verde, jardines generacionales, eco-comunidades, salas de aprendizaje, espacios urbanos saludables y funciones de servicios complementarios en sinergia con todo el Bunkeflostrand

Fig. 6.22: Corredor Central Verde, Norre Bunkeflo

## 3 CIUDAD DE LOS RECURSOS 2030

El sector de la construcción y la vivienda tiene grandes posibilidades de contribuir a la consecución de los objetivos de la transición verde, ya que una gran parte de las emisiones, la energía y el consumo de recursos derivan de ella en la actualidad. Para el estudio cuando están construyendo viviendas nuevas, es fundamentalmente sostenible construir de forma densa y cercana a los sistemas de transporte urbano y las soluciones integradas. Además, construir con materiales de construcción renovables y reciclar hormigón, acero y ladrillo, los lleva lejos con respecto a los objetivos de 2030. Por lo tanto, es obvio que la construcción en Norra Bunkeflostrand utiliza reciclaje y construcción de madera. Al construir en madera pueden reducir la mitad de las emisiones de CO2 en comparación con una construcción de hormigón tradicional que domina el sector de la construcción en la actualidad.

## 6.5 Híbrido Infraestructural

Anteriormente presentamos los elementos que conforman el híbrido infraestructural, ahora es momento de explicar su función ya integrado al sitio de estudio y relacionar cada elemento con las problemáticas a las que responderá, los componentes hídricos, habitacionales y residuales que mejorará y la relación humana-urbana-rural que reforzará además de disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático.

El híbrido propuesto comprende inicialmente de una planta de tratamiento que filtra el afluente del río Papalote para su posterior incorporación a la presa, aunque no es la única causa de la contaminación en la presa, es un elemento físico-natural que tenemos que tratar debido a los altos niveles de contaminación en su caudal. Debido al volumen de agua residual que recibe la presa actualmente por los fraccionamientos aledaños a esta, se plantea un humedal artificial que contenga y sirva como un sistema de tratamiento de primer impacto; de igual manera se plantean humedales para los sectores de vivienda propuesta que provean de agua tratada para un posterior uso productivo.

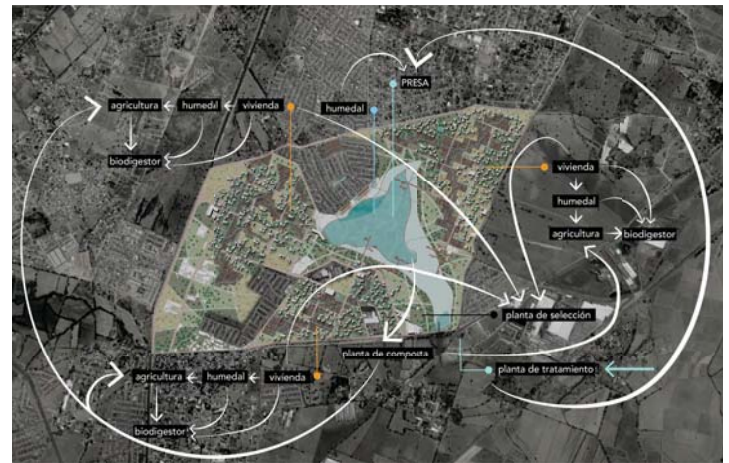
Para el tratamiento de los residuos orgánicos tanto de la vivienda como de los humedales y de la agricultura se proponen varios sectores con biodigestores que brindarán de energía a la misma vivienda propuesta. En el caso de los desechos inorgánicos se propone una planta de selección que dispondrá los residuos reciclables o remanufacturables a las industrias especializadas en los municipios colindantes, generando una economía circular enfocada en los residuos.

Finalmente se dispone de una planta de composta alimentada por la biomasa del área pública de la presa que beneficiará al sector agrario.

Como podemos observar, estas infraestructuras se conectan y relacionan de manera integral con los componentes, como la presa "El Manantial", la agricultura, la vivienda propuesta y la existente y el equipamiento urbano propuesto. A partir de estos componentes se da pie al funcionamiento híbrido infraestructural que nutre al desarrollo del proyecto.

Sentadas las bases de las infraestructuras y vivienda se plantean las estrategias que consolidan el proyecto durante varias etapas, estas mismas generan una integración paulatina con el contexto cercano, el desarrollo de una economía local y un consumo propio de los recursos hídricos y agrarios.

Fig. 6.23; Mapa Infraestructural



### 6.5.1 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

En el polígono de acción la problemática se ve reflejada en la contaminación de los cuerpos de agua, la pérdida de biodiversidad, problemas de salud y la pérdida de espacios públicos, todas a causa de la des-conexión urbana-natural.

Esta misma problemática nos lleva a repensar la configuración del sitio, y el como la recuperación de la red hídrica puede generar nuevos espacios y ambientes en un futuro cercano a 10 años.

Por otro lado la recuperación de los entornos naturales a la presa, la vinculación con las prácticas agrícolas y la historia del sitio, nos llevan a generar un proyecto abocado en diferentes ejes pero relacionados entre sí, formulando una nueva forma de crear sustancialmente un territorio dentro de la zona conurbada del Valle de México sin perder la pertenencia del sitio.

Antes de crear una estrategia de diseño se realizó un análisis del sitio; Este análisis nos lleva a entender a profundidad otras problemáticas surgidas del tema hídrico pero con repercusiones en la agricultura, la ganadería, el medio natural y dentro de la misma población.

Otro factor relevante en este análisis es la disposición del área habitacional, con ciertos rasgos que indican el aislamiento de la vivienda del medio natural, así como la nula vinculación con la presa.

Siguiendo con estos criterios podemos proseguir con la propuesta de estrategias generales de diseño, las cuales se enlistan a continuación.

#### Estrategias de Diseño

- Restauración de la presa el Manantial por medio de un humedal artificial planteado en la zona norte de la presa y una planta de tratamiento de aguas residuales que de un tratamiento previo a el agua que proviene del río papalote cuyo caudal alimenta a la presa.
- Posterior a la restauración de la presa el Manantial por la planta de tratamiento y el humedal se pretende generar la relación directa del fraccionamiento con la presa retirando el muro que funge como barrera visual y física, crearemos así un corredor comercial que beneficia a la población dando una posibilidad económica a los locatarios.
- Proponemos espacios públicos, recreativos y deportivos alrededor de la presa además de conexiones físicas entre todos sus lados; direccionando también las vialidades hacia la presa de acuerdo a la traza existente
- Entendiendo el río como elemento conector proponemos bifurcaciones hídricas que serán alimentadas por los humedales que proponemos para el tratamiento de agua de las viviendas que a su vez configuran la agricultura planteada.
- Planteamos biodigestores ubicados en diferentes sectores de la vivienda que se encarguen de los residuos sólidos urbanos y brinden energía eléctrica a la vivienda.



Fig. 6.24. Vista aérea del proyecto conjunta con el contexto

## 6.5.2 EMPLAZAMIENTO

Conectado principalmente por las redes viales primarias y secundarias existentes, se plantea a la par una red de ciclo vías, que agiliza y distribuyen de otra forma a las personas. Dejando en segundo plano al automóvil.

Adicionalmente se proponen calles exclusivamente peatonales en las zonas centrales de cada sección que se distribuyen a lo largo de todo el conjunto.

Otro factor que distribuye al proyecto, es el contorno de la laguna, que en su totalidad se plantea como espacio público, creando diferentes conexiones, públicas, económicas y sociales con los fraccionamientos y pueblos aledaños.

De esta manera se conjugan tanto los pueblos y fraccionamientos existentes y el nuevo proyecto.

El distrito de riego se bifurca siguiendo el sentido de las curvas de nivel de la topografía existente, y en ciertas zonas con proximidad a los sectores de vivienda se terminan en forma de humedales artificiales.

En lugares estratégicos debido a sus características espaciales ya sean por la proximidad a núcleos de viviendas o puntos de concentración social se plantea la creación de equipamiento urbano y la infraestructura necesaria para el funcionamiento del híbrido.

En cuanto a la vivienda, cabe destacar que en la sección 1 y la sección 2 del conjunto esta se desarrolla con mayor densidad debido a la proximidad con vías vehiculares principales como es la carretera México - Pachuca y la calle Cuauhtémoc que intersecta con el camino del rey que es una avenida principal.

En la sección 3 del conjunto se destaca una área de agricultura y áreas verdes más extensas.

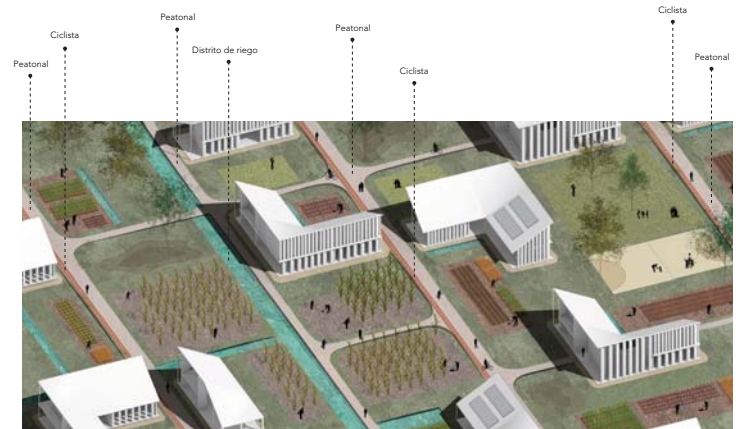


Fig. 6.25; Imagen objetivo - perspectiva



## 6.6 Sistema por Capas

El plan maestro trabaja como sistema operativo en el que interactúan diversos procesos y se desarrollan medios técnicos y socioeconómicos. La interconexión de procesos esta conformada por las siguientes capas de multiples escalas:

- Hidrología
- Agricultura
- Estructura Vial
- Vivienda
- Infraestructura
- Equipamiento
- Espacio Público

Esta relación ayuda a la creación de un modelo resiliente que permite un desarrollo integral en el sentido infraestructural debido al aprovechamiento de los desechos y recursos y en el sentido urbano, por el estrechamiento de servicios, vivienda y área natural.

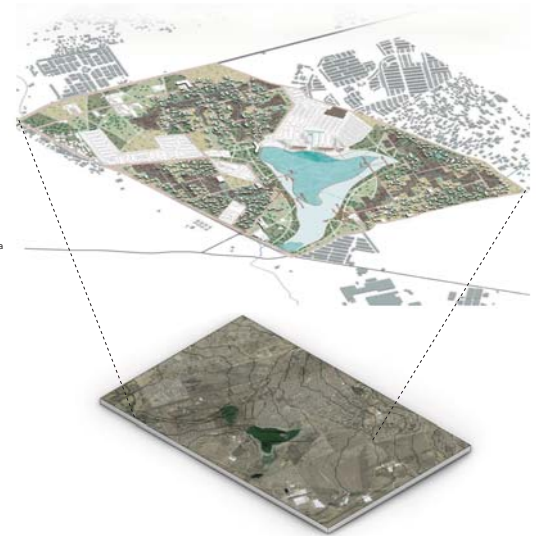
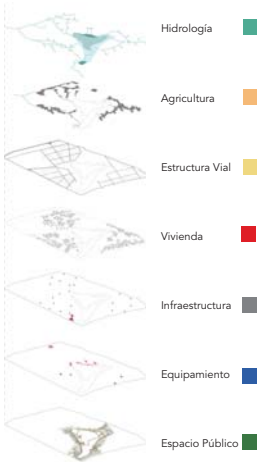


Fig. 6.26; Correlación del Sistema  
Fig. 6.27; Plan Maestro

### 6.6.1 HIDROLOGÍA

El componente principal del sistema del plan maestro es el proceso hídrico. Para la conservación de los cuerpos de agua existentes en la zona, la presa El Manantial, el río De Las Avenidas y el río Papalote, así como para el aprovechamiento y buen uso del recurso hídrico es necesario un equilibrio en el abastecimiento de agua potable, el drenaje urbano y el saneamiento de aguas residuales.

El híbrido infraestructural propone el saneamiento de la presa mediante una PTAR en el afluente del río Papalote y humedales artificiales en el contorno norte hacia las desembocaduras de agua residual del fraccionamiento Don Antonio. En el interior del conjunto de viviendas se plantea una red hídrica que comunique a los usuarios con la presa El Manantial. Esta red está integrada por bifurcaciones del río existente y canales de riego, abastecidos por el agua tratada de los humedales artificiales que procesan el agua residual de las viviendas.

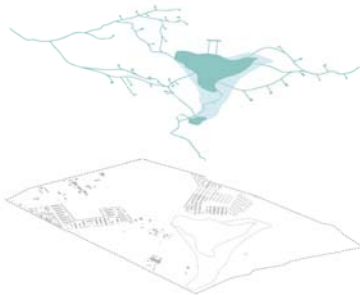
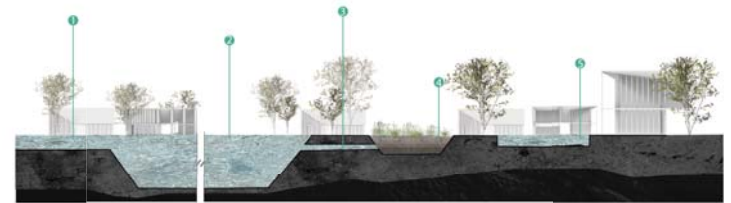


Fig. 6.28; Componente Hidrológico  
Fig. 6.29; Corte sistema hidrológico

Es fundamental el aprovechamiento de todos los recursos hídricos en la zona, por lo que se considera tanto en el espacio público como en el sector habitacional la recolección de agua pluvial. Esto también nos proporciona una seguridad ante inundaciones y lluvias torrenciales.

Un sistema hídrico equilibrado disminuye la vulnerabilidad ante la explotación de los acuíferos y el hundimiento del sedimento. Además de conservar la biodiversidad por el buen tratamiento de aguas residuales y el mantenimiento de los cuerpos de agua naturales.



- 1 Río
- 2 Presa
- 3 Canal de riego
- 4 Humedal
- 5 Cuerpo de agua pluvial

### 6.6.2 ESTRUCTURA VIAL

La estructura vial está compuesta por arterias de uso común de propiedad pública destinada al libre tránsito de peatones y vehículos. Estas vías configuran la ciudad generando nexos de comunicación entre los diferentes barrios, equipamientos, infraestructuras, etc. Las vialidades se definen de acuerdo a su jerarquización de uso y nivel de servicio, para el plan maestro se cuenta con 4 categorías:

- **Carretera Regional**

Arteria que une dos o más comunidades. Comprende la carretera México-Pachuca al poniente de la presa El Manantial.

- **Vías Primarias**

Son las avenidas principales de la traza urbana que configuran los sectores de vivienda. Disponen dos carriles para automóviles y transporte en una circulación doble, permiten la circulación peatonal por medio de banquetas con arbolado y recolección de agua pluvial además de una ciclovia.

- **Vías secundarias**

Son calles de tránsito interno que permiten la conexión de las viviendas con la vialidad primaria. Son exclusivamente peatonales y ciclistas.

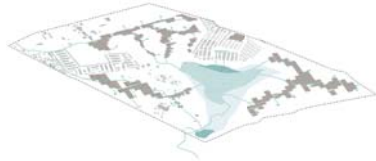
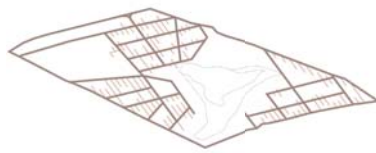


Fig. 6.30, Componente Vial  
Fig. 6.31;

Se plantea una movilidad sustentable que recupere las calles como un espacio de convivencia para los usuarios, fomente el reparto equitativo del espacio sin que ningún medio de transporte tenga predominio sobre el resto y genere una movilidad segura y respetuosa.

El transporte llega a ser responsable del 90% de la contaminación de una ciudad (ELACCM, 2014). Por lo que promover el uso de la bicicleta y la disminución de los automóviles es fundamental para conseguir una mejora en la calidad de vida y reducir la contaminación acústica y los gases de efecto invernadero.

Fig. 6.32; Planificación Vial

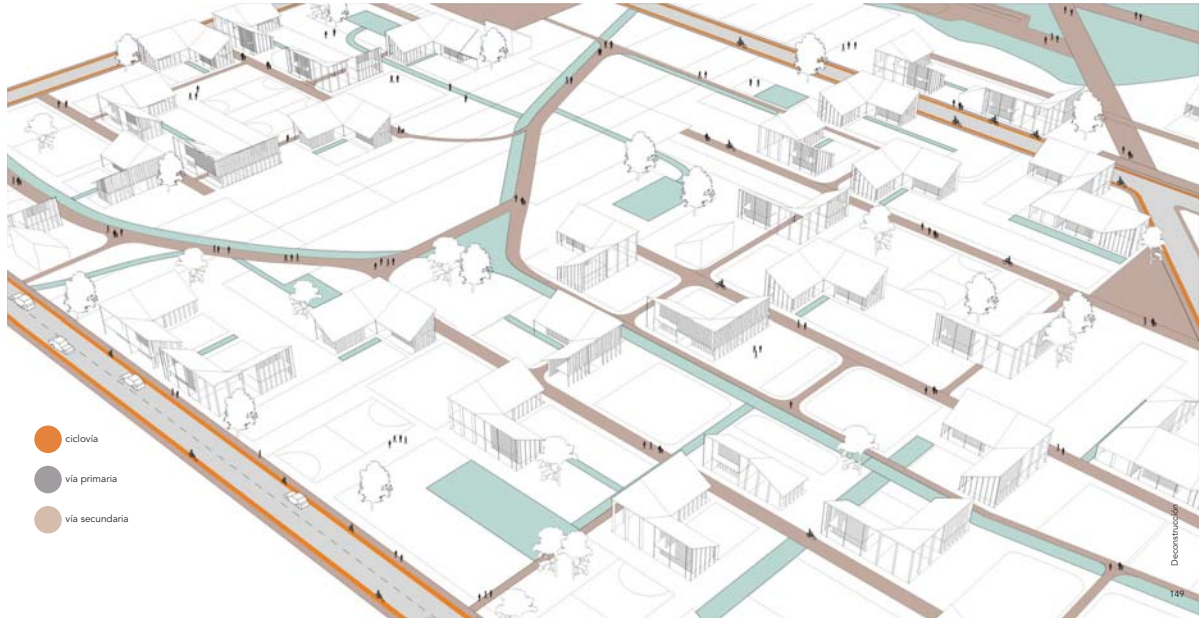




Fig. 6.33; imagen Objetivo  
 Fig. 6.34; Componente Agrario

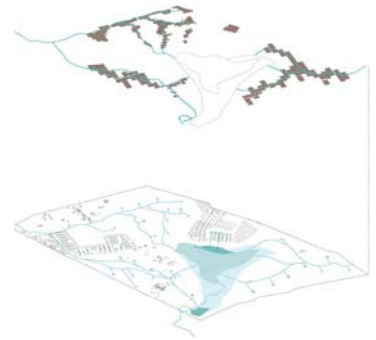
### 6.6.3 AGRICULTURA

Se propone recuperar la comunidad agraria de Tizayuca, perdida paulatinamente por el crecimiento desmedido de la mancha urbana y por el desabasto de agua destinado a la agricultura. Actualmente en Tizayuca se cultiva principalmente maíz, cebada, frijol, avena y trigo por lo que se proponen parcelas para los 5 cultivos, de acuerdo a los canales de riego regidos por la red hídrica de los humedales artificiales.

Asimismo se proponen huertos de cultivo intensivo cada 2 viviendas con la finalidad de cosechar alimentos para el consumo familiar. Se pretende conseguir una seguridad alimentaria y un trabajo digno a los habitantes además de darle valor a la tierra por la producción agrícola y no únicamente por su desarrollo urbano.

La principal problemática del deterioro del suelo se debe a la causa agropecuaria por la mala administración de aplicación de riego, por la quema de residuos de cosecha y por la falta de conservación de suelo y agua.

En el plan maestro se propone la utilización de los desechos agrícolas debidamente seleccionados para la generación de energía en biodigestores, una correcta aplicación del riego cuantificada por sector de vivienda, en relación al agua pluvial recolectada en la temporada de lluvia y el agua tratada generada por los humedales artificiales.



#### 6.6.4 ESPACIO PÚBLICO "PRESA EL MANANTIAL"

En cuestiones de espacio público en primera instancia se plantea un cinturón vegetal que se extiende al rededor de la presa, trazando senderos oblicuos se van generando transiciones que te llevan desde los extremos del polígono hacia el corazón del conjunto, la presa; esta se ve envuelta en caminos elevados que te invitan a adentrarte en ella, sobre ella, brindando la oportunidad de experimentar sensaciones de tranquilidad y conexión con el entorno natural que te envuelve. Con la restauración de la presa, el paisaje se convierte en una muestra franca de elementos vivos, naturales; se convierte en un espectáculo de sonidos y danza que la naturaleza te regala, las aves que vuelven a posarse sobre las aguas de la presa se convierten en el usuario permanente mas importante, ya que el santuario de aves que una vez fue vuelve a surgir para darles asilo, las plantas además de realizar la tarea mas importante en la presa se mimetizan en el paisaje sobresaliendo de las aguas, danzando con el viento; este espacio se convierte en un escenario hermoso para quienes tienen la oportunidad de visitarlo.

La presa vuelve a la vida, tanto para animales como para seres humanos, se convierte en un espacio lúdico recreativo en el que las personas pueden realizar actividades como paseo en lancha, acuicultura, apreciación de aves y/o plantas acuáticas y en las plataformas que se extienden hacia la presa se pueden generar actividades como pintura de paisajes, yoga, baile, etc, además de tener la característica de ser espacios tranquilos donde las personas pueden ir a relajarse, leer... simplemente permanecer.

Fig. 6.35; Espacio Público "la presa el Manantial"



### 6.6.4 ESPACIO PÚBLICO EN LOS SECTORES DE VIVIENDA

Como ya se había mencionado, uno de los esquemas formales de la vivienda está compuesto por dos volúmenes habitacionales y un espacio en común que se encuentra en el vértice; en esta zona se plantean diferentes espacios públicos, que se enlazan con el entorno y las necesidades básicas de los usuarios. Esto significa que los locatarios podrán disponer de dichos espacios y fomentar la convivencia entre vecinos brindando servicios públicos como espacios de recreación y abastecimiento. Cabe destacar que estos espacios ofrecen a los usuarios aumentar sus posibilidades económicas debido al gran potencial de empleos que se podrán desarrollar.

Dentro de las posibilidades que hay para los espacios públicos en el vértice podríamos encontrar invernaderos, espacios comunitarios que funcionan como salas de lectura y/o tareas, pequeñas bibliotecas comunitarias, áreas de comercio, espacios recreativos o sitios para los trabajadores de los cultivos además de áreas de almacenamiento y/o bodegas.



Fig. 6.36: Sectores públicos en la vivienda

Teniendo en cuenta los diferentes sectores de vivienda en el que se desarrolla el conjunto se pretende que el uso de los espacios públicos en cada vértice se combinen de tal manera que haya una gran variedad de opciones para las actividades que se realicen en cada sector, de esta forma abasteceríamos las necesidades principales de los usuarios, además de fomentar empleos y crearíamos una mejor convivencia social.

Contemplando la configuración espacial en cada sector de vivienda siendo cuadradas cortas y redes de calles bien conectadas, se fomenta de esta forma la caminata y el ciclismo en calles compartidas y la existencia de espacios públicos se convierten en los puntos de interés social donde la gente puede converger.

En estos núcleos los 4 aspectos que rigen el conjunto tienen lugar; la vivienda, el espacio público, el área de agricultura y la presencia hídrica en forma de los humedales y los distritos de riego.

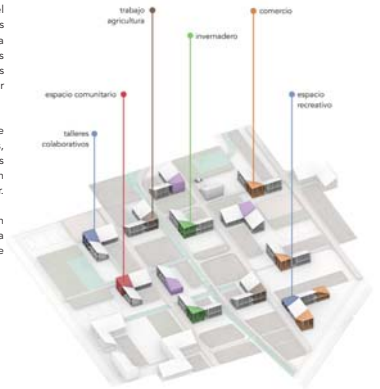
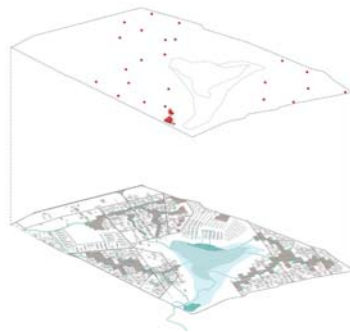


Fig. 6.37: Planificación de los sectores públicos

### 6.6.6 INFRAESTRUCTURAS

Uno de los ejes principales que conforman el sistema del plan maestro, son los elementos infraestructurales. Las infraestructuras complementan el desarrollo de los procesos hídricos, residuales y energéticos entrelazados con el sector habitacional, industrial, con la presa El Manantial y las preexistencias del sitio. De esta manera se reducen, reutilizan y administran diversos consumos que dan equilibrio a todo el conjunto durante diferentes periodos del año.

Las infraestructuras se conforman por: biodigestores para el tratamiento de residuos orgánicos; una planta de selección para el procesamiento y separación de los residuos inorgánicos; una planta de composta para la recolecta de materia orgánica del área verde y agrícola y la generación de fertilizante natural; y una planta de tratamiento de agua residual con el propósito de filtrar el agua proveniente del río Papalote.



- 1 Planta de Selección
- 2 Planta de Composta
- 3 Biodigestor
- 4 PTAR  
Planta de tratamiento de Agua residual



Se proponen espacios flexibles en cada una de las infraestructuras con la intención de acercar a la comunidad a los procesos necesarios para el tratamiento de sus desechos y sus insumos. En la planta de composta y planta de selección se plantean talleres educativos y demostrativos para fomentar la reutilización, el intercambio de recursos y la generación de composta. En la PTAR se proponen visitas educativas y recreativas para impulsar el cuidado del recurso hídrico y mostrar el procesamiento adecuado para su uso cotidiano.

Fig. 6.38; Componente infraestructural  
Fig. 6.39; Coste de Conjunto Infraestructural





### 6.6.5 EQUIPAMIENTO

La distribución del equipamiento está basada en la lógica de generar diferentes actividades económicas, sociales y de recreación. Estas relacionan la vivienda dentro de los conjuntos, la vivienda existente y la presa, creando así una serie de comportamientos y activaciones sociales que detonan en ciertas etapas de tiempo una serie de variables como el entendimiento territorial, la pertenencia y la apropiación del espacio.

Este equipamiento cuenta con una serie de:

- Mercados
- Centros Educativos
- Clínica Médica
- Corredor Comercial
- Centro Cultural

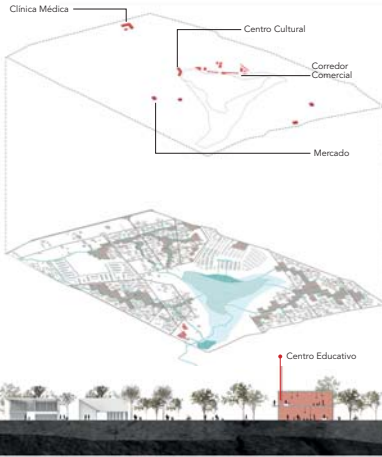


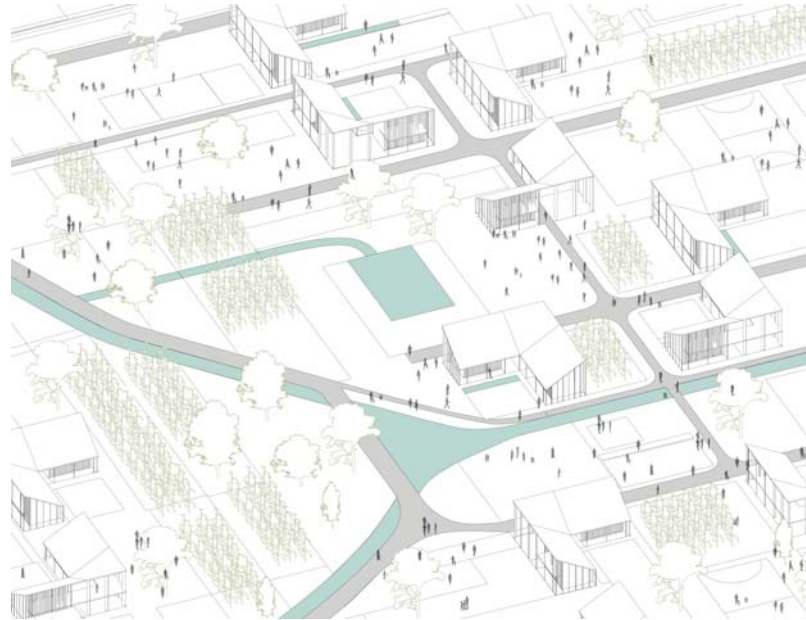
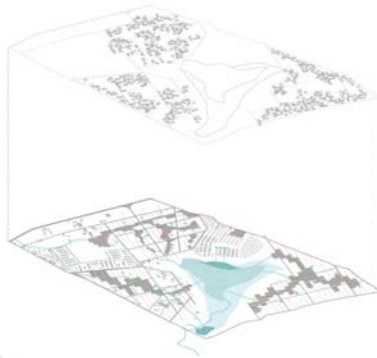
Fig. 6.40; Componente de Equipamiento  
 Fig. 6.41; Imagen Objetivo, Plaza-Mercado



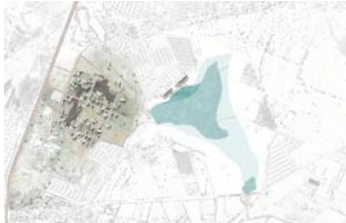
### 6.6.7 VIVIENDA

El desarrollo habitacional se desarrolla en función de la agricultura y el sistema hídrico, enlazado a su vez con la disposición de las infraestructuras y el equipamiento, con la intención de proveer a los habitantes con los insumos necesarios para una vida digna así como con diversas actividades económicas y sociales.

Fig. 6.42; Componente de Vivienda  
Fig. 6.43; Axonométrico de Conjunto



## 6.7 Etapas de Desarrollo



El plan maestro está conformado por tres etapas de desarrollo y una última etapa de crecimiento.

En la primera etapa, se inicia el desarrollo con la implantación de un humedal artificial en la presa, para comenzar con el proceso de tratamiento de sus aguas. Posteriormente en la sección del polígono que colinda al norte con el fraccionamiento Privada del Laurel y con el fraccionamiento al sur Vista Hermosa, se plantean grandes áreas de agricultura siguiendo el eje del río de las avenidas que nace de la presa; en paralelo se crean sectores de vivienda donde se plantearán posteriormente los elementos del híbrido infraestructural.

Adicionalmente, disponemos de áreas deportivas y recreativas, así como elementos de equipamiento urbano.



En la segunda etapa, se propone que los sectores de vivienda aumenten y se distribuyan en la sección sur del polígono que es la que tiene mayor contacto con la presa, se plantea aumentar las áreas de agricultura en ambas secciones de desarrollo, y utilizar distritos de riego para el abastecimiento de agua en la producción agrícola, posteriormente se plantea un mejoramiento del suelo en el límite de la presa para crear espacios públicos de contemplación y relajación.

En la zona norte de la presa se promueve un andador comercial que vincule el fraccionamiento Don Antonio con las nuevas áreas de vivienda y espacio público.



En la tercera etapa, las infraestructuras del híbrido se comienzan a emplazar para un óptimo funcionamiento de los recursos, destaca el asentamiento de la planta de selección de residuos, la planta de compostaje y la planta de tratamiento de agua residual que en general se sitúan en la parte posterior de la zona sur del polígono; esto debido a la entrada del río papalote a la presa y la cercanía con el pueblo de Tepejaco.

Comienza el crecimiento de vivienda y de áreas de agricultura en la zona Oriente del polígono, aprovechamos el curso de las escorrentías existentes en esta zona que llegan a la presa para de igual forma crear distritos de riego, en cuanto a las áreas de espacio público comienzan a apropiarse de las orillas de la presa desbordándose hacia ella.



Y por último, en la cuarta etapa, una vez asentadas las infraestructuras del híbrido y las tres secciones que desarrollan la propuesta urbana empiezan a funcionar, se comienza el proceso de crecimiento, donde aumentan los sectores de vivienda, agricultura y áreas de espacio público recreativo y área vegetal, se genera una red más extensa de los distritos de riego que se encuentran en cada una de las secciones del polígono y en cuanto a equipamiento se incluye una clínica de primer impacto, un centro cultural y un mercado local.

Al rededor de la presa se extiende un corredor elevado que vincula las tres secciones del conjunto.

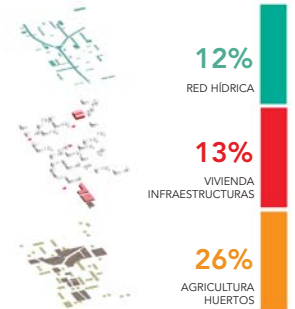
Fig. 6.44; Divisiones del proyecto por secciones



## 6.8 Sector Sur

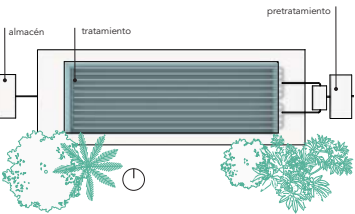
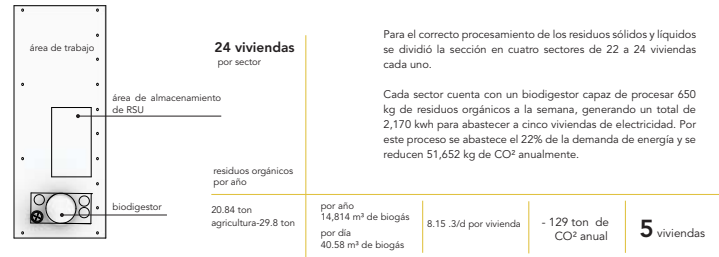
El conjunto sur se relaciona directamente con el afluente del río Papalote y con las bifurcaciones derivadas a partir de su tratamiento en la PTAR. Al poniente se encuentra en colindancia con el fraccionamiento Marbella Privada Alcazar y al sur con la avenida Cuauhtémoc. Este conjunto alberga la planta de selección y la planta de composta para el tratamiento de la totalidad de residuos generados en todo el plan maestro y en los fraccionamientos aledaños. Esta disposición se deriva por los vientos dominantes del noroeste y por la convergencia de las avenidas del conjunto oriente y poniente. Así como la facilidad de su desalojamiento por la avenida 16 de Enero y la avenida Cuauhtémoc.

A partir del conjunto sur se realizó un acercamiento a una sección de vivienda, para analizar y observar a detalle el funcionamiento y la interacción interna de las distintas capas que conforman la propuesta.



El espacio público predomina en la sección con un 50% del uso del suelo, con áreas deportivas, áreas verdes, un mercado, vías peatonales y ciclistas y áreas de estacionamiento. El área para cultivo tanto de parcelas agrícolas como de huertos urbanos ocupa un 26% de la sección y la red hídrica en función de humedales artificiales y canales de riego un 12%. Las infraestructuras y viviendas ocupan un 13% del espacio. En la sección se tienen 88 viviendas alcanzando una densidad de 14 viviendas por hectárea. Dentro del programa habitacional se consideran espacios comunitarios públicos, asimismo las infraestructuras son públicas puesto que su funcionamiento va en relación a la colaboración comunitaria de todo el sector.

Fig. 6.45; Sección Sur



Se propone un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial de 60 cm de profundidad y 208 m<sup>2</sup> de área mínima, para el tratamiento de agua residual de cada sector. Se plantea ubicarlas hacia el norte entorno a áreas arboladas y en colindancia con las fachadas de mayor altura de las viviendas para minimizar la descomposición de materia orgánica ocasionada por las altas temperaturas y la evaporación hídrica.

En los humedales de flujo subsuperficial, la circulación del agua se realiza a través de un medio granular donde se planta vegetación, el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. La vegetación transfiere una pequeña cantidad de oxígeno al área de raíz para que las bacterias aeróbicas puedan colonizar el área y degradar los orgánicos (CONAGUA 2015).

Fig. 6.46; Planta de Sección Sur  
Fig. 6.47; Infraestructuras

## 6.8.1 HUMEDAL ARTIFICIAL

El cálculo del área superficial se realiza en función al parámetro contaminante que se desea disminuir o remover, generalmente los diseños se realizan para disminución de la DBOS. El área superficial se calcula a través de la ecuación:

$$A_s = \frac{Q \times LN \left( \frac{C_0}{C_e} \right)}{(K_r \times H \times D)}$$

Donde:

As: Área superficial (m<sup>2</sup>)  
 Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/día)  
 Co: Concentración afluente (mg/l) - 240 mg/l (Alasino, 2015)  
 Ce: Concentración efluente (mg/l) - 30 mg/l  
 Kt: Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura (d-1) 1.06  
 H: Altura del Humedal (m) - 0.60m  
 D: Porosidad - 0.35

■ arena gruesa	28-32%	porosidad
■ arena gravosa	30-35%	
■ grava fina	35-58%	
■ grava media	36-40%	
■ roca gruesa	38-45%	

La constante de reacción de primer orden se calcula mediante:

$$K_t = 1.104 \times 1.06^{T-10}$$

Donde:

La temperatura (T) es igual a 15°C  
 La profundidad del humedal generalmente varía de 0,3 a 1 m (valor usual 0,6m)

Se consideran los siguientes parámetros de consumo y abastecimiento de agua:

■ número promedio de habitantes por vivienda	4,00	personas
■ volumen de agua potable CONAGUA (2015)	380,00	l / día por persona
■ volumen de agua potable, de acuerdo a la OMS (2017)	100,00	l / día por persona
■ volumen de agua potable promedio	240,00	l / día por persona
■ volumen de agua residual (ANEAS, 2014)	180,00	l / día por persona

Por lo tanto el dimensionamiento del humedal artificial queda de la siguiente manera:

Caudal de diseño

Q: habitantes x agua residual por personas por día

$$Q: 96 \times 180 \text{ l/d} = 17,280 \text{ l/d} = 17,28 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$A_s = \frac{17,28 \text{ m}^3/\text{d} \times LN \left( \frac{240 \text{ mg/l}}{30 \text{ mg/l}} \right)}{(1.104) (1.06^{20-15}) \times 0.35 \times 0.60 \text{ m}}$$

$$A_s = 207.4 \text{ m}^2 \approx 208 \text{ m}^2$$

Mientras mayor es la relación largo-ancho se tiene mejor depuración de las aguas, pero se tiene problemas de cortocircuitos, flujos preferenciales, presencia de agua sobre el lecho de grava y otros. Por ello se recomienda relación largo-ancho de: 2 a 1, 3 a 1 y 4 a 1

- 2:1 = 20.36 m x 10.18 m
- 3:1 = 24.94 m x 8.31 m
- 4:1 = 28.80 m x 7.20 m

El caudal de salida por el proceso de filtrado de unidades vegetales se reduce al 92,5% del caudal de entrada. (Torres, 2012), por lo que cada humedal generará 15.98 m<sup>3</sup>/d de agua tratada.

17.28 m <sup>3</sup> /d	agua residual	HUMEDAL ARTIFICIAL
15.98 m <sup>3</sup> /d	agua tratada	

El cálculo de humedales artificiales se realizó con información de Delgadillo et. al. (2010), Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.

## 6.9 Estrategias Bioclimáticas

Se propone mitigar el impacto ambiental generado por la construcción y consumo de energía mediante la adaptación de la propuesta a las condiciones climáticas y mediante el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles: radiación solar, precipitación, vegetación y viento.

### RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es uno de los factores climáticos con mayor importancia puesto que el confort térmico de las viviendas, el desarrollo de los cultivos y la generación de energía depende de ella.

- Agricultura

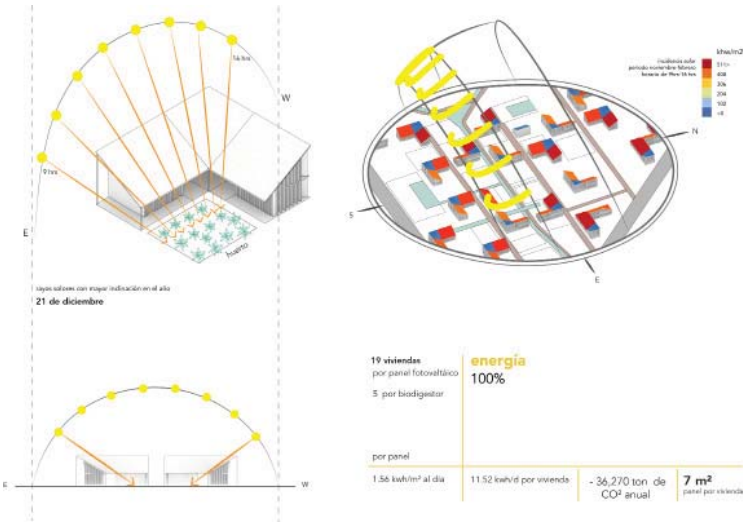
El desarrollo y rendimiento de la agricultura depende de la incidencia solar puesto que las plantas utilizan la luz solar para producir carbohidratos a partir de dióxido de carbono y agua. Por ello, son capaces de convertir compuestos inorgánicos en compuestos orgánicos más complejos. La falta o baja disponibilidad de luz solar tiende a ser un agente estresor para las plantas, dificultando el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Como se observa en la Figura X, la cubierta de las viviendas tiene una inclinación de 60° hacia el norte permitiendo la incidencia solar directa en los huertos, todos los días del año. Esta pendiente se deriva de la incidencia solar en el solsticio de invierno (21 de diciembre), fecha donde el sol alcanza su mayor inclinación hacia el sur y las sombras son más prolongadas.

- Energía

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y de origen renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad a partir de ella. Tiene su base física en el efecto fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones (partículas luminicas) y liberar electrones, generando una corriente eléctrica.

En la figura 4.50 se puede observar la incidencia solar en el conjunto en el periodo de noviembre a febrero, tiempo donde se proyectan las sombras de mayor inclinación. Se destacan las cubiertas orientadas hacia el sur con una mayor exposición solar y recepción de kilowatt hora por metro cuadrado. Se plantean en dirección sur paneles fotovoltaicos para la generación de energía de 19 viviendas. Considerando que cada metro cuadrado de panel puede generar al día 1.56 kwh y una vivienda requiere 11.52 kwh, se plantean 7m2 de panel fotovoltaico por vivienda.

Fig. 4.48: Radiación hacia Huertos el 21 de Diciembre  
 Fig. 4.49: Fachada Norte, Rayos Solares 21 de Diciembre  
 Fig. 6.50: Incidencia Solar en el Conjunto de Noviembre a Febrero



## 6.9.1 BIODIGESTOR

En Tizayuca se considera que diariamente un habitante genera 1.75 kg donde el 53% corresponde a residuos orgánicos según se refiere en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca, Hidalgo (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2013). Por lo tanto en un sector de 24 viviendas los residuos orgánicos son de 2.38 kg/d lo que conforma diariamente un total de 57.12 kg y anualmente de 20,848.8 kg.

Si consideramos además los residuos agrícolas generados por los cultivos dependiendo del cultivo generaran las siguientes cantidades de residuos:

cultivo	residuos por ha	materia orgánica
■ cebada	68.54 ton (10.71 ha)	89.38 ton
■ maíz	8.96 ton (2.49 ha)	29.8 ton
■ frijol	18.34 ton (5.56 ha)	39.18 ton

Se consideró la suma menor de materia orgánica de 29.8 ton anuales para obtener la cantidad mínima que se generaría de energía por medio de residuos agrícolas.

De acuerdo a la producción de biogás a partir de residuos vegetales de la FAO se realizó un promedio el cual data que por tonelada de materia orgánica se producen 497.1m<sup>3</sup> de biogás (FAO, 2013)

29.8 ton x 497.1 m<sup>3</sup>=14,813.58 m<sup>3</sup> anualmente de biogás  
14, 813.58 m<sup>3</sup> /365 = **40.58 m<sup>3</sup> diariamente de biogás**

Para una vivienda de 4 habitantes se requieren diariamente 8.15 m<sup>3</sup>/d

concepto	biogás
■ cocinar (5hr)	1.5 m <sup>3</sup> /d
■ 3 lámparas (5hr)	2.25 m <sup>3</sup> /d
■ refrigerador	2.22 m <sup>3</sup> /d
■ calentador	2.2 m <sup>3</sup> /d
Total	8.15 m <sup>3</sup> /d

Por lo que la generación de biogás de 40.58 m<sup>3</sup>/d puede abastecer 5 viviendas.

De acuerdo a la FAO se consideran 7 kwh por metro cúbico de biogás (FAO, 2011). Por lo que 40.58m<sup>3</sup> de biogás es equivalente a 284.06 kwh.

Lo cual reduce anualmente la emisión de GEI por 128.96 ton de CO<sub>2</sub>, de acuerdo con la equivalencia de la SEMARNAT de 454 ton de CO<sub>2</sub> por MWh. (SEMARNAT, 2014)



## 6.9.2 PANELES FOTOVOLTAICOS

Para abastecer energéticamente en su totalidad el sector de viviendas además de los biodigestores se complementa con paneles fotovoltaicos.

Según la International Renewable Energy Agency (IRENA) (2015), México se encuentra entre 15° y 35° de latitud, región considerada la más favorecida en recursos solares, donde se recibe diariamente, en promedio, 5.2 Kwh/m<sup>2</sup>

Un panel fotovoltaico por m<sup>2</sup> genera 300 wh (0.3kwh), por lo que diariamente en la ZMVM por m<sup>2</sup> se puede producir 1.56 kwh

0.3 kwh 5.2 kwh/m<sup>2</sup> = 1.56 kwh/m<sup>2</sup>

De acuerdo con la SENER el consumo de electricidad per cápita es de 2,104.00 kwh al año. (SENER, 2017). Por lo que se considera un consumo de 5.76 kwh al día por habitante y de 11.52 kwh al día por vivienda.

Considerando el abastecimiento por medio de biodigestores en 5 viviendas, los paneles fotovoltaicos deberán proveer 218.88 kwh/d correspondientes a 19 viviendas.

11.52 kwh 1.56 kwh/m<sup>2</sup>=7.3 m<sup>2</sup> = 7m<sup>2</sup> de panel fotovoltaico por vivienda

Lo cual reduce anualmente la emisión de GEI por 99, 36, 270.60 ton de CO<sub>2</sub>, de acuerdo con la equivalencia de la SEMARNAT de 454 ton de CO<sub>2</sub> por MWh. (SEMARNAT, 2014)



### 6.9.3 PRECIPITACIÓN

El factor de precipitación es una parte imprescindible del ciclo hidrológico que puede abastecer la demanda de agua potable en comunidades, ayudar al desarrollo de cultivos, favorecer la biodiversidad de ecosistemas, preservar los cuerpos de agua existentes y recargar las mantos acuíferos mediante la filtración. La planeación y el funcionamiento de infraestructuras de captación de agua pluvial y de drenaje son fundamentales para aprovechar de la mejor manera el recurso hídrico, mejorar el balance hidrológico en la zona y disminuir la vulnerabilidad ante inundaciones.

Se propone la captación de agua pluvial para proveer la demanda de agua potable de los usuarios. La captación se realiza en bloques de dos viviendas de 196 m<sup>2</sup>, lo cual genera una oferta de agua anual de 132 m<sup>3</sup>. En promedio en la ZMM cada habitante requiere 380 litros diarios para satisfacer sus necesidades, sin embargo la OMS dicta que únicamente se necesitan 100 litros al día para necesidades tanto de consumo como de higiene. Mediante programas y talleres públicos impartidos por entidades gubernamentales actualmente se pretende realizar un cambio paulatino en la cultura de uso responsable de agua para poder alcanzar la demanda recomendada por la OMS.

En la propuesta se plantea un promedio de 240 litros de agua diarios por habitante, a partir del agua consumida en la actualidad y la demanda requerida. Con este consumo la captación de agua pluvial es capaz de abastecer al conjunto en un 20% de su demanda. Y posteriormente con la concientización de la comunidad se pretende llegar al abastecimiento del 45%.

Considerando que 42 L de agua de la demanda diaria per cápita pueden ser de agua tratada; mediante la captación de agua pluvial se podría abastecer al conjunto hasta un 80% en un futuro.

(Los cálculos pertinentes a la sección de Precipitación se precisan en el capítulo de Cálculos Infraestructurales, P.xx).

Fig. 6.51: Gráfica de Precipitación Media Anual en Tizayuca  
Fig. 6.52: Corte esquemático



## AGUA PLUVIAL

El cálculo de oferta de agua de lluvia básico consiste en multiplicar la precipitación media mensual por el área de captación y por el factor de aprovechamiento de 0.80 (Isla Urbana, 2016).

$$Q_{\text{agua}} = P_{\text{pi}} \times A_{\text{c}} \times F_{\text{a}}$$

Donde:

O agua: Oferta de agua mensual

Ppi: Precipitación media mensual (mm)

Ac: Área de captación (m<sup>2</sup>).

Fa: Factor de aprovechamiento 0.80 (adimensional).

El área de captación es de 196 m<sup>2</sup> equivalente a la de un bloque de 2 viviendas + área pública.

mes	Ppi (mm)	Qagua (l)
Enero	7.6	1191.68
Febrero	7.0	1,097.6
Marzo	8.9	1,395.52
Abril	22.5	3,528
Mayo	66.5	10,427.2
Junio	140	21,952
Julio	189.5	29,713.6
Agosto	171.2	26,844.16
Septiembre	139.8	21,920.64
Octubre	72.4	11,352.32
Noviembre	12.6	1,975.68
Diciembre	8.2	1,285.76

De acuerdo con la oferta de agua mensual anualmente se obtienen 132,684.16 l.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 100 litros de agua al día para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene. Sin embargo, en México el consumo promedio de agua es 3 veces mayor con 380 litros. (CONAGUA, 2015) lo que nos da un indicio de la modificación que debemos realizar y el daño que le estamos generando al planta día a día.

Se muestra la capacidad de abasto de acuerdo a la demanda diaria por habitante con el supuesto de la recolección de agua pluvial de un año y su utilización en el siguiente año.

Se considera la demanda de 100 litros diarios de acuerdo a la OMS y 240 litros a partir del promedio del agua consumida al día actualmente y la demanda requerida.

demanda por hab.	2 viviendas (8 hab)	porcentaje de abastecimiento
100 l/d	800 l/d	45%
240 l/d	1,920 l/d	19%

Parte de la demanda diaria que consumimos genera aguas grises en una vivienda, entendiéndose por aguas grises, todas las aguas residuales domésticas que se generan en los procesos del hogar, tales como la limpieza de utensilios, lavadora, baño, etc. exceptuando las aguas negras del inodoro. Estas aguas con un tratamiento simple pueden reutilizarse para actividades donde no se requiera agua potable como en el inodoro.

Se considera que diariamente se utilizan 42 litros para el desague del inodoro, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana-009 (Conagua, 2001) donde se establecen 6 litros por descarga y al estudio que establece que una persona genera una descarga 7 veces al día, (Conagua, 2018)

Por lo tanto se plantea el abastecimiento pluvial considerando que 42 l del consumo diario por habitante pueden suministrarse con aguas grises.

demanda por hab.	2 viviendas (8 hab)	porcentaje de abastecimiento
58 l/d	800 l/d	78%
198 l/d	1,920 l/d	23%

## 6.10 Propuesta de Vivienda

Las viviendas surgen a partir de un emplazamiento en "L" para contar con las 4 orientaciones, esto permite tanto espacios públicos como privados de acuerdo a la incidencia solar. Este módulo contempla dos viviendas, en el área central un área pública y en el área exterior compartida un huerto de alimentos para el consumo familiar.

Los rasgos arquitectónicos formales de la vivienda responden a las necesidades de los usuarios con respecto a la radiación solar; sus componentes son los siguientes:

- **Norte:** Cerramiento con muros y ventanas que permiten la entrada de luz y el resguardo calórico a lo largo del día, además de la entrada de los vientos dominantes.
- **Sur:** Pórticos que permiten la entrada solar y resguardan el interior, así como la ventilación cruzada.
- **Oriente:** Parasoles móviles que se desplazan en función de la hora del día y de las actividades en el interior.
- **Poniente:** Celosías y pórticos para manejar la entrada solar en función de su intensidad.

Independientemente de la disposición del módulo los rasgos arquitectónicos se mantienen

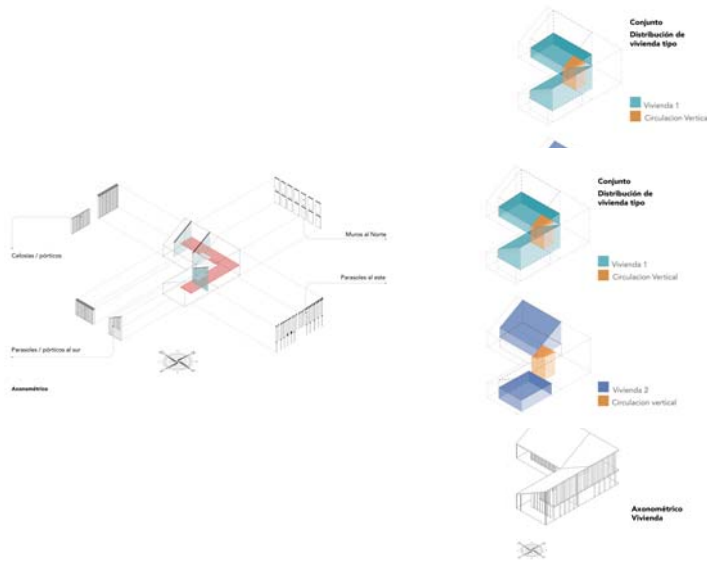
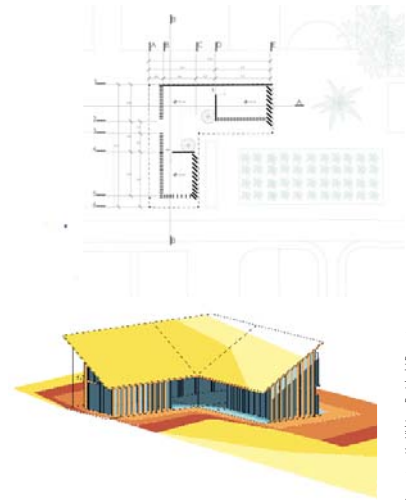
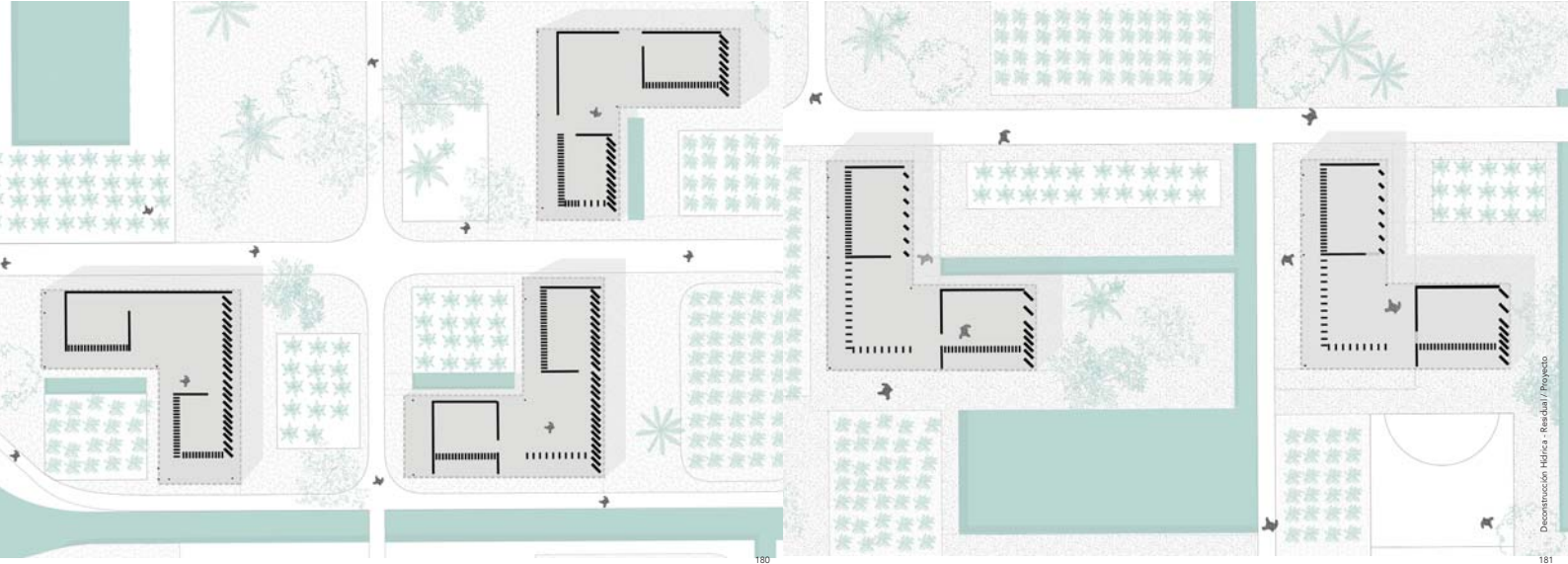
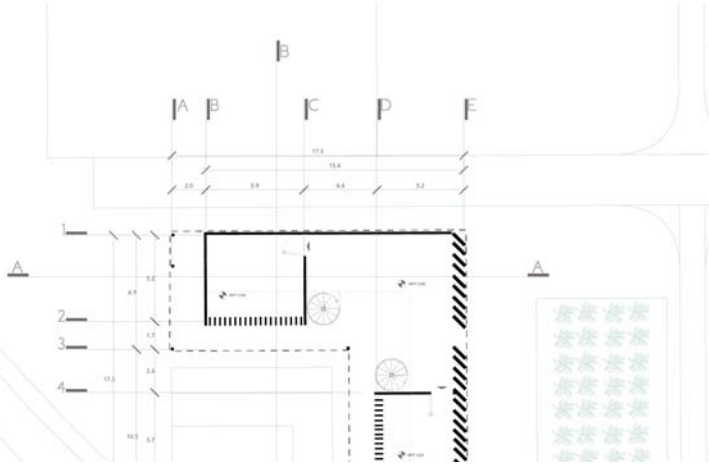


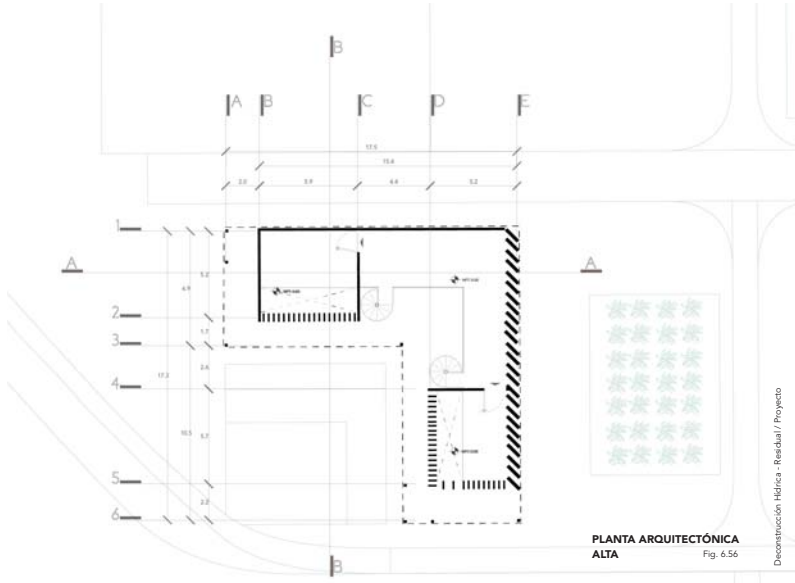
Fig. 6.53; Diagrama Explorado de Vivienda  
Fig. 6.54; Diagrama de Vivienda en Planta







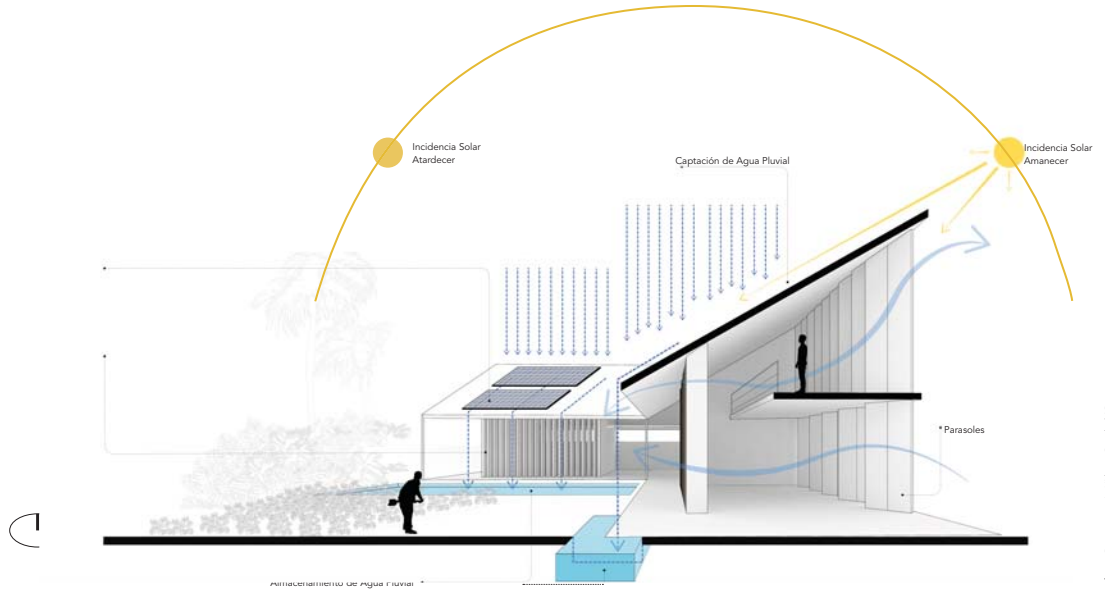
PLANTA ARQUITECTÓNICA  
BAJA  
Fig. 6.55

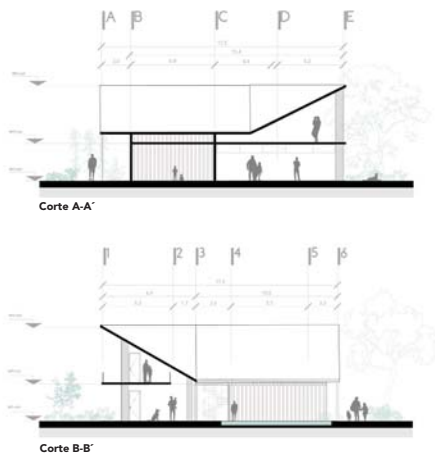


PLANTA ARQUITECTÓNICA  
ALTA  
Fig. 6.56

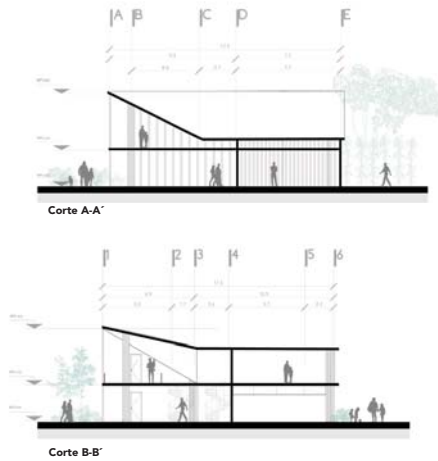
En la figura x se presenta una síntesis de los rasgos arquitectónicos formales acorde a las condiciones climáticas del sitio y las estrategias bioclimáticas de captación de agua pluvial y la generación de energía limpia.

Fig. 6.57: Corte Bioclimático de Vivienda

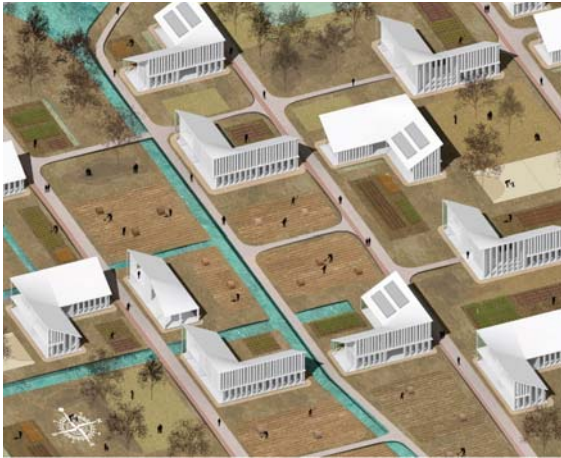




Vivienda Tipo A  
Fig. 6.58



Vivienda Tipo B  
Fig. 6.59



El conjunto se desarrolla bajo un esquema flexible de temporalidad, de acuerdo a la agricultura y la precipitación. Se pretende el desarrollo continuo de cultivo en los huertos comunitarios y el desarrollo paulatino en los campos de cultivo.

Fig. 6.60, Temporalidad en el Conjunto





**Fachada Arquitectónica  
Conjunto**  
Fig. 6.61



**Corte Arquitectónico  
Conjunto**  
Fig. 6.62



El conjunto asegura una cohesión social que predomina en la apropiación del sitio y la conservación del medio físico natural, mediante el desarrollo de actividades económicas, culturales y recreativas.

Fig. 6.63; Imagen Objetivo



## 6.11 Sistema Económico Local

En paralelo a las actividades en el espacio público, se podrán generar una gran cantidad de empleos debido al aumento del público en la presa, el corredor comercial que se desarrollará en la parte posterior del fraccionamiento "Don Antonio" vincula ambos proyectos generando mas posibilidades de ingresos; la propuesta en particular en esta zona es demoler el muro perimetral de dicho fraccionamiento para abrir el espacio interior hacia lo que ocurre en la zona de la presa, de esta forma daríamos mas opciones a los visitantes sobre los locales comerciales que se encontrarán en esta parte del conjunto.

Algunas posibilidades para el comercio local serían locales de alimentos preparados, como fondas o "antojitos mexicanos", tiendas de abarrotes, miscelaneos, heladerías, tiendas de recuerdos, etc.

También serían necesarios negocios de renta de lanchas, clases de baile, yoga, pintura o algún deporte en grupo y sobre todo lo mas importante del proyecto, personas que trabajen en la operación de maquinarias en las infraestructuras del híbrido y den mantenimiento a éstas, a la presa y espacios públicos.



Fig. 6.64: Corredor Comercial  
Fig. 6.65: Servicios Externos

## 6.12 Intervenciones Externas

Una vez cubiertas las necesidades urbano-arquitectónicas y el óptimo funcionamiento del híbrido infraestructural podemos proponer servicios que nutran a la comunidad, que satisfagan las necesidades de los locatarios.

Teniendo en mente el análisis previo del sitio consideramos los siguientes servicios para la comunidad:

### › CLÍNICA DE PRIMER IMPACTO

Esta clínica se ubicaría en la sección 1 del conjunto a un lado del acceso principal, se pretende que su función primordial sea atender a las personas que habitan en la vivienda del proyecto y también a las personas que viven en los fraccionamientos aledaños; adicionalmente con esta clínica se generarían empleos para los encargados de dicho lugar ya sea desde consultas médicas por profesionistas en ese ámbito, gente de administración y personal de mantenimiento, entre otros.

### › CENTRO CULTURAL HÍDRICO

En este Centro Cultural Hídrico se pretende dar al público local y visitante la posibilidad de aprender sobre las riquezas ambientales, naturales o artificiales con las que cuenta el medio físico de la presa El Manantial, generando en la gente un sentimiento de apropiación del sitio, adicionalmente este centro explicará el funcionamiento general de todo el conjunto señalando la importancia del emplazamiento del híbrido infraestructural a si como su función en particular, será un espacio donde se experimentarán las infraestructuras verdes, etc.

### › MERCADO

Planteamos un mercado principal donde las personas podrán tener un espacio donde adquirir u ofrecer las cosechas locales, al plantear un centro de compra y venta como lo es un mercado suponemos que esto atraerá la atención y preferencia de las comunidades aledañas, e impulsará la economía local.





# CONCLUSIONES

Fig. 7.1; Vista Aérea, Aproximación Presa El Manantial  
Fig. 7.2; Vista Aérea, Plan Maestro

La ZMVM es una red densa de procesos relacionados que son simultáneamente humanos, materiales, naturales, culturales y orgánicos. En los últimos años la ZMVM ha tenido un incremento demográfico desvinculado con los procesos naturales, en mayor medida con el sector hídrico, alcanzando un desequilibrio en el abastecimiento y tratamiento de agua.

El proyecto Deconstrucción Hídrica-Residual propone un trabajo multidisciplinario para coordinar y articular un equilibrio tanto de los procesos naturales que conlleva el territorio de la presa "El Manantial" como de los procesos infraestructurales y sociales de un sector habitacional.

La restauración de la presa es la oportunidad para dotar a Tizayuca del espacio público que carece y fomentar un sentido de identidad y responsabilidad de los habitantes hacia su medio ambiente integración de los nuevos modelos de vivienda a un contexto natural de manera más orgánica creará un sentido positivo de apropiación de los espacios públicos naturales.

La propuesta agraria del proyecto convierte a los habitantes en los protagonistas de las transformaciones agro-urbanas en el territorio, de acuerdo a sus necesidades y proyecciones comunes, promoviendo el sentido de pertenencia e impulsando el sector económico, importantes para una construcción común del hábitat y la disminución de abandono por condiciones físico-espaciales y socio-económicas.

La propuesta se presenta como un ejercicio académico experimental donde se ponen a prueba diferentes híbridos infraestructurales que de acuerdo a la investigación, análisis multiescalar y cuantificación infraestructural pretende apegarse a la realidad del territorio intervenido. Sin embargo en la anterior tesis se carece del planteamiento de actores institucionales para llevar a cabo una propuesta urbana de tal magnitud.

La propuesta aborda de manera integral y bajo un pensamiento sistemático diversas problemáticas de diferente naturaleza. El proyecto presenta una posible alternativa de desarrollo habita-

cional con criterios de mínimo impacto ambiental, centrandose en los siguientes puntos:

La disminución de GEI por la generación de energía sin el uso de combustibles fósiles y la disminución de residuos en rellenos sanitarios y en tiraderos clandestinos.

La conservación de la biodiversidad por medio de la restauración de la presa "El Manantial". La implementación de vegetación es capaz de capturar el CO<sub>2</sub> atmosférico, regular la temperatura ambiental por medio de la evapotranspiración, además de generar el hábitat adecuado para la reproducción de fauna endémica.

El impulso de la economía local reduciendo los traslados de la población hacia la Ciudad de México.

Es fundamental reflexionar acerca del modelo actual de crecimiento y desarrollo de nuestra ciudad, ya que por un lado los

asentamientos urbanos son los principales consumidores de energía y por lo tanto los responsables del mayor porcentaje de emisiones de GEI. Por otro lado, son los actores con mayor fuerza para propulsar acciones de mitigación y adaptación. La ZMVM no es una ciudad homogénea, se encuentra compuesta por personas de distinta clase social, género, edad, ideología y distintos hábitos de consumo diferenciados, reflejados en la intensidad de los flujos y sus respectivos procesos metabólicos. Sin embargo, la consolidación del sistema económico actual ha profundizado la desigualdad social, por la concentración de recursos e infraestructuras a un sector privilegiado, e incrementado la incapacidad de la preservación ecológica y ambiental.

De esta forma, es necesaria la introspección de legislaturas para un desarrollo multidisciplinario con una perspectiva sostenible y de resiliencia, tomando en cuenta la diversidad natural y cultural del territorio para el estrechamiento de la interacción del hombre con su entorno.

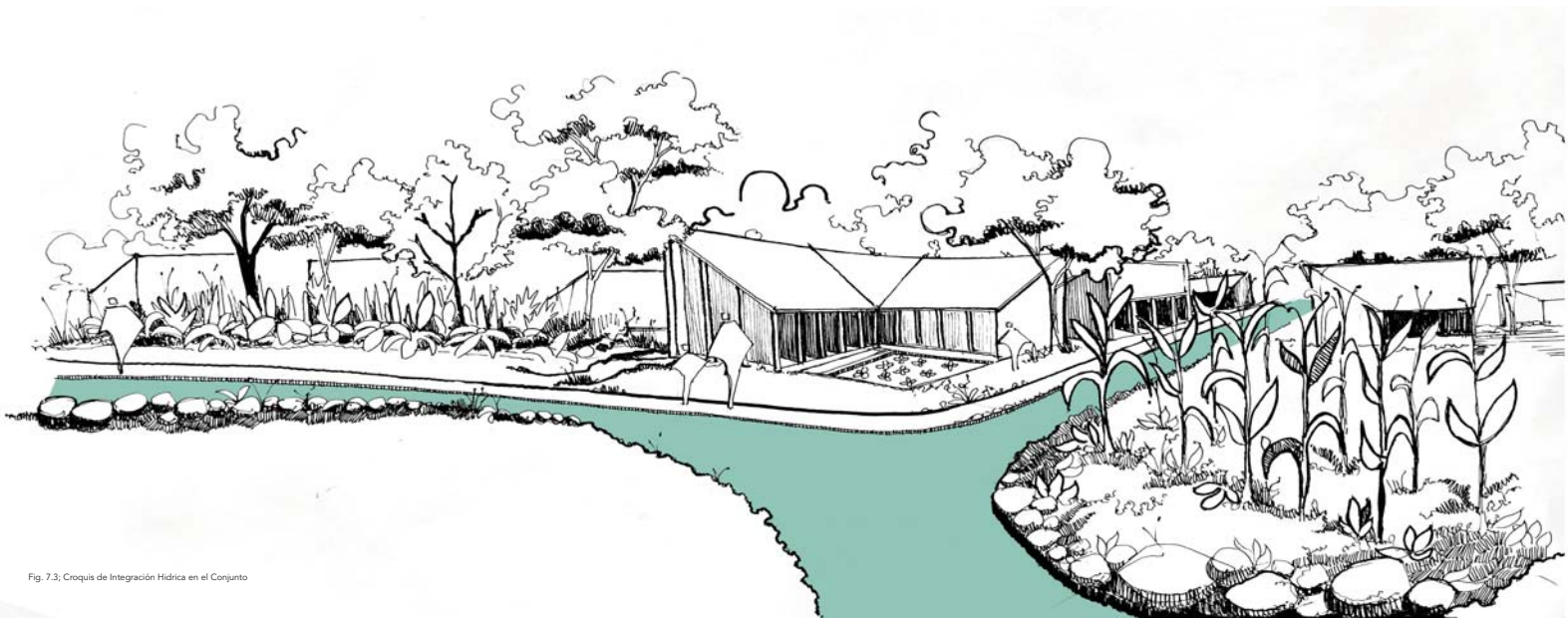


Fig. 7.3; Croquis de Integración Hídrica en el Conjunto



8

## ANEXOS

Para entender el contexto espacial de Tizayuca tenemos que abordar sus antecedentes históricos.

En este capítulo los clasificaremos en 2 grandes apartados de análisis siendo estos El Análisis Municipal y posteriormente El Análisis Regional; cabe destacar que cada tema aborda una escala específica pero ambas complementan la esencia del territorio de Tizayuca.

Dando lectura a cada capa que conforma dicho territorio se comprende como un espacio de características únicas, especiales e importantes.

En conjunto, un poco de la basta información recopilada en el presente capítulo nos permitirá ampliar nuestro entendimiento espacial cambiando consecuentemente la percepción que hasta ahora se tenía del proyecto.

## 8.1 Análisis Regional

### 8.1.1 GEOLOGÍA

Presenta valles intermontañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos, en lo que alguna vez fueron los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco; está integrada por una parte del Estado de México, el sur del Estado de Hidalgo, el sureste de Tlaxcala y casi la totalidad de la Ciudad de México.

Los eventos volcánicos se asocian genéticamente con el Arco Volcánico Transmexicano y con fallas normales del Pliocuaternario.

Geomorfológicamente, a lo largo del eje se pueden distinguir los siguientes tipos de relieves:

- Relieve Volcánico - acumulativo
- Relieve Volcánico - denudatorio
- Relieve Erosivo
- Relieve Acumulativo

El entorno montañoso que rodea nuestro eje territorial constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes. Por ello, es un medio propicio para la acumulación de los contaminantes atmosféricos. Las montañas que delimitan el eje alcanzan una altitud promedio de 3,200 metros, con elevaciones que superan los 5,400 metros.

Las principales estructuras de este eje son los conjuntos de volcanes que se disponen en dirección NE - SW y E - W. Estas estructuras corresponden con fracturas y fallas de edad terciaria y cuaternaria por las cuales se desarrolló el volcanismo que formo estos relieves.

La topografía presenta un escalonamiento hacia la planicie, que parece corresponder a fallas verticales cuya orientación es NE - SW y son afectadas por un sistema de fracturas de dirección N-S y NW - SE.

- Aluvion y Avánicos Aluviales
- Acida
- Roca Ignea Extrusiva Acida
- Caliza
- Lutita Arenisca
- Lutita Arenisca
- Aparatos Volcánicos
- Falla no identificada o fractura

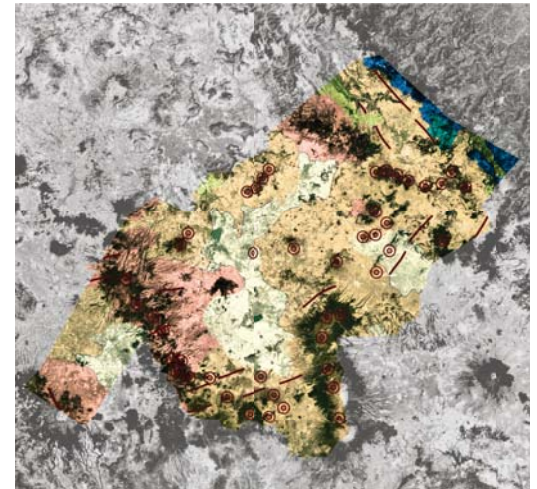
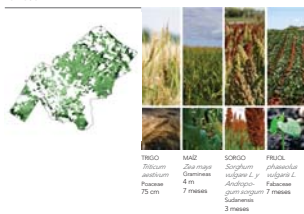


Fig. 8.1: Mapa de Geología en el eje territorial

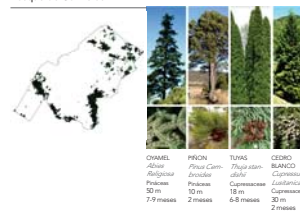


## 8.1.2 PALETA VEGETAL

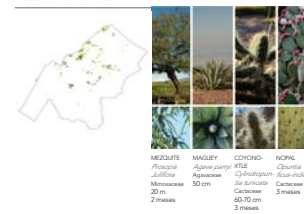
Agricultura de Temporal lluvioso



Bosque de Coníferas



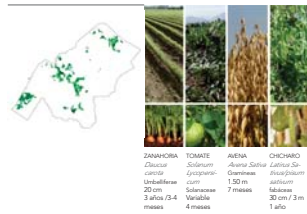
Matorral - Zona Árida



Agricultura con suelo comúnmente húmedo



Agricultura de Riego



Bosque de Encino



Pastizal Natural



Fig. 8.2, Paleta Vegetal

### 8.1.3 USO DE SUELO AMBIENTAL

En el país diversas porciones del territorio nacional se han modificado profundamente al utilizarse con fines agropecuarios o para asentamientos humanos.

La superficie ocupada por diferentes formas de uso de suelo en el eje territorial muestra que cerca de la mitad del país ha sido afectado severamente por las actividades humanas. El 29% corresponde a cobertura antropica, cultivos, pastizales inducidos o cultivados, cuya finalidad es la ganadería, el 39.10% corresponden a usos urbanos como asentamientos humanos, otro 18% se refiere a vegetación secundaria, dentro de ese porcentaje el 31.29% se tiene como suelo apto para la conservación ecológica bicada, lo que incluyen pastizales naturales y matorrales xerófilos que son utilizados intensamente para la producción ganadera y finalmente se tiene un 2.75% como área natural protegida.

Aproximadamente el 57% corresponde al uso habitacional, siendo la zona oriente y nororiental de la mancha urbana la que registra mayor densidad de viviendas por hectárea; el área destinada al equipamiento e infraestructura aglomerada a cerca del 6.52% de la mancha urbana.

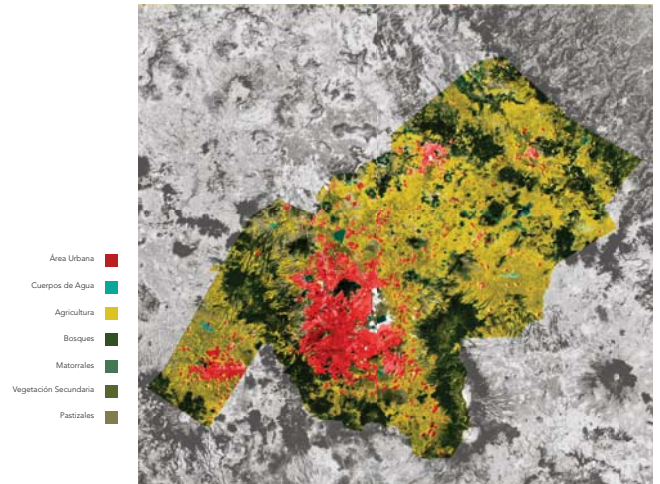


Fig. 8.3; Mapa de Uso de Suelo Ambiental en el Eje Territorial



# CUANTIFICACIÓN INFRAESTRUCTURAL

La propuesta de las infraestructuras se analizó mediante un proceso paramétrico con la herramienta digital Grasshopper, para establecer las cuantificaciones y dimensiones de cada uno de los componentes del híbrido. Se partió de un diagnóstico sintetizado en la siguiente tabla.

■ número promedio de habitantes por vivienda	4,00	personas
■ volumen de agua potable CONAGUA (2015)	380,00	l / día por persona
■ volumen de agua potable, de acuerdo a la OMS (2017)	100,00	l / día por persona
■ volumen de agua potable promedio	240,00	l / día por persona
■ volumen de agua residual (ANEAS, 2016)	180,00	l / día por persona
■ volumen de biogás necesario por vivienda mínima por día	8,15	m <sup>3</sup> /día
■ residuos sólidos urbanos en Tizayuca (PMDUOT, 2013)	1,75	kg/día
■ porcentaje de residuos orgánicos PMDUOT, 2013)	34%	kg/día
■ porcentaje de residuos inorgánicos PMDUOT, 2013)	66%	kg/día

## HUMEDAL ARTIFICIAL

El cálculo del área superficial se realiza en función al parámetro contaminante que se desea disminuir o remover, generalmente los diseños se realizan para disminución de la DBO5. El área superficial se calcula a través de la ecuación:

$$As = \frac{Q \times LN \left( \frac{Co}{Ct} \right)}{(K_r \times H \times D)}$$

Donde:

- As: Área superficial (m<sup>2</sup>)
- Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/día)
- Co: Concentración afluente (mg/l) - 240 mg/l (Alasino, 2015)
- Ct: Concentración efluente (mg/l) - 30 mg/l
- KT: Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura (d-1) 1.06
- H: Altura del Humedal (m) - 0.60m
- D: Porosidad - 0.35

■ arena gruesa	28-32%	porosidad
■ arena gravosa	30-35%	
■ grava fina	35-58%	
■ grava media	36-40%	
■ roca gruesa	38-45%	

La constante de reacción de primer orden se calcula mediante:

$$Kt = 1.104 \times 1.06^{T-20}$$

Donde:

La temperatura (T) es igual a 15°C  
La profundidad del humedal generalmente varía de 0,3 a 1 m (valor usual 0,6m)

Considerando un sector de viviendas de máximo 24 unidades con 4 habitantes cada uno.

Caudal de diseño  
Q: habitantes x agua residual por personas por día  
Q: 96 x 180 l/d = 17,280 l/d = 17.28 m<sup>3</sup>/d

$$As = \frac{17.28 \text{ m}^3/\text{día} \cdot LN \left( \frac{240 \text{ mg/l}}{30 \text{ mg/l}} \right)}{(1.104) (1.06^{20-15}) \times 0.35 \times 0.60 \text{ m}}$$

$$As = 207.4 \text{ m}^2 \approx 208 \text{ m}^2$$

Mientras mayor es la relación largo-ancho se tiene mejor depuración de las aguas, pero se tiene problemas de cortocircuitos, flujos preferenciales, presencia de agua sobre el lecho de grava y otros. Por ello se recomienda relación largo-ancho de: 2 a 1, 3 a 1 y 4 a 1

- 2:1 = 20.36 m x 10.18 m
- 3:1 = 24.94 m x 8.31 m
- 4:1 = 28.80 m x 7.20 m

El caudal de salida por el proceso de filtrado de unidades vegetales se reduce al 92,5% del caudal de entrada. (Torres, 2012), por lo que cada humedal generará 15.98 m<sup>3</sup>/d de agua tratada.



El cálculo de humedales artificiales se realizó con información de Delgado et. al. (2010), Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.

## AGRICULTURA

El dimensionamiento del área agrícola se dispuso de acuerdo a las necesidades hídricas que requiere cada cultivo y la oferta que se genera mediante el tratamiento de aguas residuales por medio de humedales artificiales así como la producción de fertilizante mediante lodos y composta.

Demanda de agua por cultivo

cultivo	demanda de agua
■ cebada	1306 m <sup>3</sup> /ha/año (inforiego, 2014)
■ maíz	5600 m <sup>3</sup> /ha/año (inforiego, 2014)
■ frijol	2517 m <sup>3</sup> /ha/año (González, 2015)

Con el análisis previo de humedales artificiales se concretó la salida de 15.98 m<sup>3</sup>/d de agua tratada por sector de 24 viviendas. Se considera que por 3-5 sectores de vivienda se genere una sección de agricultura además de los huertos independientes que tendrán cada 2 viviendas. Por lo tanto se calcula el volumen de agua al año por 4 sectores de viviendas.

$$15.98 \text{ m}^3 \times 365 \text{ días} = 5,832.7 \text{ m}^3$$

$$5,832.7 \text{ m}^3 \times 3 = 17,498.1 \text{ m}^3 \text{ de agua tratada al año}$$

Se considera el 80% por pérdidas debido a la evaporación.

$$17,498.1 \text{ m}^3 \times 0.80 = 13,998.48 \text{ m}^3 \text{ de agua tratada al año}$$

- Cebada  
13,998.48 m<sup>3</sup> 1306 m<sup>3</sup>/ha = 10.71 ha
- Maíz  
13,998.48 m<sup>3</sup> 5600 m<sup>3</sup>/ha = 2.49 ha
- Frijol  
13,998.48 m<sup>3</sup> 2517 m<sup>3</sup>/ha = 5.56 ha

Residuos por tipo de cultivo por temporada

cultivo	residuos por ha	residuos por total de ha
■ cebada	6.4 ton/ha	68.54 ton (10.71 ha)
■ maíz	3.6 ton/ha	8.96 ton (2.49 ha)
■ frijol	3.3 ton/ha	18.34 ton (5.56 ha)

## PLANTA DE COMPOSTA

El cálculo de la planta de composta se realizó de acuerdo al Manual de Compostaje de la FAO (2013) y a partir de los residuos orgánicos generados por las viviendas existentes colindantes. De acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo de Tizayuca en el municipio de producen diariamente 210 ton de residuos sólidos urbanos, de los cuales 38 ton corresponden a las cercanías de la presa El Manantial. (PMDUOT, 2013). De los cuales 12.92 ton, (34%) corresponden a residuos orgánicos. (Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2011)

El proceso biológico del compostaje se divide en fases de acuerdo al aumento de temperatura y el desarrollo de microorganismos. Dependiendo de las condiciones climáticas y del material de partida varía el tiempo de duración del compostaje. Sin embargo para el desarrollo de la tesis se consideró un tiempo de compostaje total de 3 meses considerando la fase mesófila, la fase de higienización y la fase de enfriamiento. Se utilizará el sistema de compostaje en pilas de 1.5m x 20m x 1.5m, las cuales se formarán semanalmente con 20 ton de materia orgánica.

$$12.92 \text{ ton} \times 7 \text{ días} = 90.44 \text{ ton/sem por rus.}$$

$$90.44 \text{ ton} \div 20 \text{ ton/pila} = 4.52 \text{ pilas}$$

La materia orgánica al descomponerse y generar composta reduce un 50% su peso por lo que de 90.44 ton se obtendrán 45.22 ton de composta.

$$45.22 \text{ ton} \times 4 \text{ trimestres} = 180.88 \text{ ton de composta al año}$$

La composta necesaria para el cultivo depende directamente de las necesidades de nutrientes (nitrógeno, potasio y fósforo) del cultivo, sin embargo en cultivos extensivos el promedio de aplicación es de 1 kg/m<sup>2</sup> de composta y en horticultura es de 5 kg/m<sup>2</sup>. Por lo que se consideró un promedio de 3 kg por m<sup>2</sup> (30 ton/ha).  
180.88 ton  $\div$  30 ton/ha = 6.02 ha

Se pueden abastecer de composta 6.02 ha de cultivo.

90.44 ton al trimestre	residuos sólidos orgánicos	INPULS PLANTA DE COMPOSTA OUTPULS
45.22 ton al trimestre para 6.02 ha	composta	

## BIODIGESTOR

En un sector de viviendas los residuos orgánicos por cada una son de 2.38 kg/d lo que conforma diariamente un total de 57.12 kg y anualmente de 20,848.8 kg

Si consideramos además los residuos agrícolas generados por los cultivos dependiendo del cultivo generarían las siguientes cantidades de residuos:

cultivo	residuos por ha	materia orgánica
■ cebada	68.54 ton (10.71 ha)	89.38 ton
■ maíz	8.96 ton (2.49 ha)	29.8 ton
■ frijol	18.34 ton (5.56 ha)	39.18 ton

Se consideró la suma menor de materia orgánica de 29.8 ton anuales para obtener el mínimo posible de abastecimiento de energía.

De acuerdo a la producción de biogás a partir de residuos vegetales de la FAO se realizó un promedio el cual data que por tonelada de materia orgánica se producen 497.1m<sup>3</sup> de biogás.

29.8 ton x 497.1 m<sup>3</sup> = 14,813.58 m<sup>3</sup> anualmente

14,813.58 m<sup>3</sup> / 365 = 40.58 m<sup>3</sup> diariamente

Para una vivienda de 4 habitantes se requieren diariamente 8.15 m<sup>3</sup>/d

concepto	biogás
■ cocinar (5hr)	1.5 m <sup>3</sup> /d
■ 3 lámparas (5hr)	2.25 m <sup>3</sup> /d
■ refrigerador	2.22 m <sup>3</sup> /d
■ calentador	2.2 m <sup>3</sup> /d
Total	8.15 m <sup>3</sup> /d

Por lo que la generación de biogás de 40.58 m<sup>3</sup>/d puede abastecer 5 viviendas.

De acuerdo a la FAO se consideran 7 kwh por metro cúbico de biogás (FAO, 2011). Por lo que 40.58m<sup>3</sup> de biogás es equivalente a 284.06 kwh.

Lo cual reduce anualmente la emisión de GEI por 128.96 ton de CO<sub>2</sub>, de acuerdo con la equivalencia de la SEMARNAT de 454 ton de CO<sub>2</sub> por MWh. (SEMARNAT, 2014)



## PANELES FOTOVOLTAICOS

Para abastecer energéticamente en su totalidad el sector de viviendas además de los biodigestores se complementa con paneles fotovoltaicos.

Según la International Renewable Energy Agency (IRENA) (2015), México se encuentra entre 15° y 35° de latitud, región considerada la más favorecida en recursos solares, donde se recibe diariamente, en promedio, 5.2 Kwh/m<sup>2</sup>

Un panel fotovoltaico por m<sup>2</sup> genera 300 wh (0.3kwh), por lo que diariamente en la ZMVM por m<sup>2</sup> se puede producir 1.56 kwh

0.3 kwh 5.2 kwh/m<sup>2</sup> = 1.56 kwh/m<sup>2</sup>

De acuerdo con la SENER el consumo de electricidad per cápita es de 2,104.00 kwh al año. (SENER, 2017). Por lo que se considera un consumo de 5.76 kwh al día por habitante y de 11.52 kwh al día por vivienda.

Considerando el abastecimiento por medio de biodigestores en 5 viviendas, los paneles fotovoltaicos deberán proveer 218.88 kwh/d correspondientes a 19 viviendas.

11.52 kwh 1.56 kwh/m<sup>2</sup> = 7.3 m<sup>2</sup> = 7m<sup>2</sup> de panel fotovoltaico por vivienda

Lo cual reduce anualmente la emisión de GEI por 99,36, 270.60 ton de CO<sub>2</sub>, de acuerdo con la equivalencia de la SEMARNAT de 454 ton de CO<sub>2</sub> por MWh. (SEMARNAT, 2014)



**REFERENCIAS**

## 9.1 Índice de Imágenes

### 1 INTRODUCCIÓN

Fig. 1.1; Vista aérea, plan maestro  
Elaboración propia con imagen de Goggle Maps, 2020  
Fig. 1.2; Vista aérea, Río de las Avenidas  
Imagen propia a partir de Goggle Maps, 2020  
Fig. 1.3; Trabajo de Seminario  
Foto Propia, 2019  
Fig. 1.4; Trabajo grupal  
Foto Propia, 2019  
Fig. 1.5; Población de la ZMVM  
Diagrama propio a partir de PAOT, 2010  
Fig. 1.6; Historia Hídrica ZMVM  
Diagrama propio a partir de Legorreta, 2006  
Fig. 1.7; Abastecimiento Hídrico ZMVM  
Diagrama propio a partir de SACMEX, 2018  
Fig. 1.8; Drenaje y Tratamiento Hídrico ZMVM  
Diagrama propio a partir de SACMEX, 2018  
Fig. 1.9; Balance Hídrico ZMVM  
Diagrama propio a partir de SACMEX, 2018  
Fig. 1.10; Descarga residual en Río de las Avenidas  
Foto propia, 2020  
Fig. 1.11; Fraccionamientos Tizayuca  
Foto de Google Maps, 2020  
Fig. 1.12; Río de las Avenidas  
Foto propia, 2020  
Fig. 1.13; Presa El Manantial  
Foto propia, 2020  
Fig. 1.14; Cronograma de Metodología  
Diagrama de elaboración propia

### 2 MARCO TEÓRICO

Fig. 2.1; Afluente Río Papalote  
Foto propia, 2020  
Fig. 2.1; Gases de Efecto Invernadero  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020; In-  
nova Ambiental, 2020; Ecured, 2020  
Fig. 2.2; Causas de Crisis Climática  
María Estela Raffin, 2020; Pixabay, 2019  
Fig. 2.3; Estimaciones Mundiales y de la CDMX  
Diagrama de elaboración propia a partir de ELACC, 2014 y Cli-  
mate.gov, 2012  
Fig. 2.4; Consecuencias de Crisis Climática  
Diagrama de elaboración propia a partir de COFEPRIS, 2017 y  
GCCA, 2012  
Fig. 2.5; Presa El Manantial  
Foto propia, 2020  
Fig. 2.6; Contaminación Presa El Manantial  
Foto propia, 2020  
Fig. 2.7; Ciudades del Mundo  
Imagen de Adobe Stock, (vector city map in black and white)  
Fig. 2.8; Metabolismo Urbano  
Elaboración propia, fotografía de adobe stock y pixabay  
Fig. 2.9; Quiln Stormwater Wetland Park, Japon  
Turencapa, 2010  
Fig. 2.10; TEO (Túnel Emisor Oriente), México  
Worldpress, 2015  
Fig. 2.11; Medidas de Mitigación y Adaptación  
Diagrama de elaboración propia  
Fig. 2.12; IPCC, logo de IPCC, 2018  
Fig. 2.13; Emisioende de Co2 por país  
Esquema con información de JRC (2009) citado por europarl.eu  
Fig. 2.13; Ejes de Acción Climática

### 3 HÍBRIDOS INFRAESTRUCTURALES

Diagramas de elaboración propia

Fig. 3.1; Infraestructuras Urbanas  
Fig. 3.2; Funcionamiento Humedal Artificial  
Fig. 3.3; Funcionamiento Planta de Tratamiento de  
Agua Residual  
Fig. 3.4; Funcionamiento Captación Pluvial  
Fig. 3.5; Distribución Biodigestor  
Fig. 3.6; Planta de Selección  
Fig. 3.7; Planta de Composta  
Fig. 3.8; Agricultura  
Fig. 3.9; Invernadero  
Fig. 3.10; Necesidades de Híbrido Infraestructural  
Fig. 3.11; Infraestructuras Básicas Híbrido  
Fig. 3.12; Vinculación de Infraestructuras en Híbrido  
Fig. 3.13; Multiescalaridad de Híbrido  
Fig. 3.14; Concepto Híbrido  
Fig. 3.15; Parametrización de Híbrido

### 4 ANÁLISIS REGIONAL

Fig. 4.1; Clima en el Eje Territorial  
Imagen propia a partir de Goggle Maps, 2020  
Fig. 4.2; Red Hidrológica en el Eje Territorial  
Fig. 4.3; Infraestructura Hídrica en el Eje Territorial  
Fuente de 4.1, 4.3; Imagen propia con información de Comisión  
Nacional para el  
Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO, 2020.  
-Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2018.

### 5 ANÁLISIS MUNICIPAL

Fig. 5.1; Imagen Satelital del municipio de Tizayuca  
Imagen propia a partir de Goggle Maps, 2020  
Fig. 5.2; Gráfica de porcentaje de habitantes  
Fig. 5.3; Gráfica de Tasa de Crecimiento Poblacional  
Fig. 5.4; Gráfica de porcentajes de viviendas  
Fig. 5.5; Gráfica de Indicadores de pobreza y vulnerabilidad  
Fig. 5.6; Gráfica de Indicadores de carencia social  
Fig. 5.7; Gráfica de Indicadores de carencia social 2016-2030  
Fig. 5.8; Mapa del Crecimiento Urbano de Tizayuca  
Fuente de figs.5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,5.7,5.8, elaboración propia:  
Secretaría de Planeación, Desarrollo Regional y Metropolitano,  
Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ter-  
ritorial de Tizayuca, Hidalgo.  
Información General, Perfiles Socio demográficos Municipales,  
Tizayuca.  
Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). 2010  
Población Total por municipio y Tasa de Crecimiento 2010-2015  
Secretaría de Planeación, Desarrollo Regional y Metropolitano,  
Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ter-  
ritorial de Tizayuca, Hidalgo.  
Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). 2010  
Fig. 5.9; Gráficas de Actividades económicas  
Fuente, elaboración propia: INEGI 2015  
Fig. 5.10; Mapa de Vivienda Abandonada en Tizayuca  
fuente, elaboración propia: Atlas del Abandono del Infonavit,  
2016.  
Fig. 5.11; Gráfica de Distribución Porcentual de Recursos  
Humanos para el Manejo de los Residuos a Nivel Estatal  
Fig. 5.12; Tabla de Municipios con el Mayor Número de  
Vehículos para la Prestación del Servicio de Recolección



Fig. 5.13; Gráficas de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos  
Fuente de figs. 5.11,5.12,5.13, elaboración propia: Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. 2011.  
Fig. 5.14; Total de Energía Eléctrica Estatal destinada a Tizayuca, 2016.  
Fig. 5.15; Gráficas de consumo de energía Eléctrica  
Fig. 5.16; Gráficas de porcentaje de viviendas con servicio eléctrico  
Fuente figs.5.14,5.15,5.16, elaboración propia: Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017  
Fig. 5.17; Tabla de Hectáreas en el Municipio de Tizayuca  
Fuente, elaboración propia:Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca,2013  
Fig. 5.18; Gráficas de porcentaje de uso de tierras  
Fig. 5.19; Mapa de Uso de Suelo  
Fig. 5.20; Mapa de Distribución Ejidal  
Fuente figs.5.18,5.19,5.20, elaboración propia: Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares, PROCEDE, 2006  
Fig. 5.21; Mapa de la Subcuenca Hidrológica  
Fig. 5.22; Mapa de la red hidrológica de la Subcuenca  
Fuente figs.5.21,5.22,5.23,elaboración propia: Instituto de Geografía 1993  
Fig. 5.23; Mapa de los límites del Acuífero  
Fig. 5.24; Tabla de Presas en la Región XIII  
Fig. 5.25; Tabla de Infraestructura de los Distritos de riego (km)  
Fig. 5.26; Tabla de Plantas potabilizadoras en la Región XIII  
Fig. 5.27; Tabla de Plantas de tratamiento de agua residual municipal en la Región XIII  
Fig. 5.28; Tabla de Plantas de tratamiento de agua residual industrial en la Región XIII  
Fig. 5.29; Tabla de Cobertura de agua potable y alcantarillado (% de población que cuenta con el servicio)  
Fig. 5.30; Diagrama del Presupuesto Hídrico de Tizayuca  
Fuente figs.5.23,5.24,5.25,5.26,5.27,5.28,5.29,5.30, elaboración

propia: Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuautitlán - Pachuca, Estado de México, CONAGUA. 2015.  
Estadísticas Agua Valle de Mexico, 2014  
Fig. 5.31; Mapa de degradación del suelo  
Fuente, elaboración propia: Evaluación de la Degradación del suelo causada por el hombre en la Republica Mexicana CONABIO

#### 6 DECONSTRUCCIÓN HÍDRICA-RESIDUAL

Figura 6. 24 a 6.6.2, elaboración propia

Fig. 6.1; Vista Aérea, Municipio de Tizayuca  
Imagen propia a partir de Goggle Maps, 2020  
Fig. 6.2; Muro del Fraccionamiento Don Antonio  
Foto propia, 2020  
Fig. 6.3; Presa El Manantial  
Foto propia, 2020  
Fig. 6.4; Mapa de Cuerpos de Agua y Escorrentías  
Diagrama propio a partir de Inventario Nacional de Viviendas, 2015. Secretaría de Planeación, Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca.  
Fig. 6.5; Fraccionamientos  
Imágenes de google maps, 2012  
Fig. 6.6; Mapa de Desarrollo Habitacional en las inmediaciones de la Presa  
Diagrama propio de Inventario Nacional de Viviendas, 2015.  
Fig. 6.7; Gráfica Habitabilidad  
Diagrama propio de Inventario Nacional de Viviendas, 2015.  
Fig. 6.8; Mapa de Residuos en inmediaciones de la Presa  
Diagrama propio a partir de Inventario Nacional de Viviendas, 2015. Secretaría de Planeación, Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca.

Fig. 6.9; Gráfica Industrial  
Diagrama propio a partir de Inventario Nacional de Viviendas, 2015. Secretaría de Planeación, Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca.  
Fig. 6.10; Mapa de Industrias en inmediaciones de la Presa  
Diagrama propio  
Fig. 6.11; Vialidades  
Foto propia, 2020  
Fig. 6.12; Mapa de Vialidades en inmediaciones de la Presa  
Diagrama propio a partir de Inventario Nacional de Viviendas, 2015. Secretaría de Planeación, Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca.  
Fig. 6.13; Población local  
Foto propia  
Fig. 6.14; Población trabajadora  
Fig. 6.15; Diagrama de Manifiesto  
Diagrama propio  
Fig. 6.16; Collage Zona Metropolitana  
Diagrama propio con fotografía de pixabay  
Fig. 6.17; Distopía  
Elaboración propia a partir de imagen de google maps, 2020  
Fig. 6.18; Proyecto Ciudad Futura  
Ciudad futura, 2010  
Fig. 6.19; Utopía  
Diagrama propio  
Fig. 6.20; Parque del Humedal del Centro Cultural de Harbin, Turenscape  
Fig. 6.21; Plan Maestro, Norre Bunkeflo, Fuente: Tercera Naturaleza  
Fig. 6.22; Corredor Central Verde, Norre Bunkeflo, Tercera Naturaleza  
Fig. 6.23; Mapa Infraestructural  
Elaboración propia  
Fig. 6.24; Vista aérea del proyecto conjunta con el contexto

Fig. 6.25; Imagen objetivo - perspectiva  
Fig. 6.26; Correlación del Sistema  
Fig. 6.27; Plan Maestro  
Fig. 6.28; Componente Hidrológico  
Fig. 6.29; Corte sistema hidrológico  
Fig. 6.30; Componente Vial  
Fig. 6.31;  
Fig. 6.32; Planificación Vial  
Fig. 6.33; imagen Objetivo  
Fig. 6.34; Componente Agrario  
Fig. 6.35; Espacio Público "la presa el Manantial"  
Fig. 6.36; Sectores públicos en la vivienda  
Fig. 6.37; Planificación de los sectores públicos  
Fig. 6.38; Componente Infraestructural  
Fig. 6.38; Componente infraestructural  
Fig. 6.39; Corte de Conjunto Infraestructural  
Fig. 6.40; Componente de Equipamiento  
Fig. 6.41; Imagen Objetivo, Plaza-Mercado  
Fig. 6.42; Componente de Vivienda  
Fig. 6.43; Axonométrico de Conjunto  
Fig. 6.44; Divisiones del proyecto por secciones  
Fig. 6.45; Sección Sur  
Fig. 6.46; Planta de Sección Sur  
Fig. 6.47; Infraestructuras  
Fig. 6.48; Radiación hacia Huertos el 21 de Diciembre  
Fig. 6.49; Fachada Norte, Rayos Solares 21 de Diciembre  
Fig. 6.50; Incidencia Solar en el Conjunto de Noviembre a Febrero  
Fig. 6.51; Gráfica de Precipitación Media Anual en Tizayuca  
Fig. 6.52; Corte esquemático  
Fig. 6.53; Diagrama Explotado de Vivienda  
Fig. 6.54; Diagrama de Vivienda en Planta  
Fig. 6.55; Planta Arquitectónica Baja

Fig. 6.56; Planta Arquitectónica Alta  
Fig. 6.57; Corte Bioclimático de Vivienda  
Fig. 6.58; Cortes Arquitectónicos, Vivienda Tipo A  
Fig. 6.59; Cortes Arquitectónicos, Vivienda Tipo B  
Fig. 6.60; Temporalidad en el Conjunto  
Fig. 6.61; Fachadas Arquitectónicas del Conjunto  
Fig. 6.62; Cortes Arquitectónicos del Conjunto  
Fig. 6.63; Imagen Objetivo  
Fig. 6.64; Corredor Comercial  
Fig. 6.65; Servicios Externos

## 7 CONCLUSIONES

Fig. 7.1; Vista Aérea, Aproximación Presa El Manantial  
Diagrama propia a partir de Google Maps, 2020  
Fig. 7.2; Vista Aérea, Plan Maestro  
Diagrama propia a partir de Google Maps, 2020  
Fig. 7.3; Croquis de Integración Hídrica en el Conjunto  
Elaboración propia

## 8 ANEXOS

Fig. 8.1; Mapa de Geología en el eje territorial  
Fig. 8.2; Paleta Vegetal  
Fig. 8.3; Mapa de Uso de Suelo Ambiental en el Eje Territorial  
fuente figs, 8.1,8.2,8.3, elaboración propia: Comisión Nacional para el  
Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO,  
Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

## 9.2 Bibliografía

Aguilar M. Adrián Guillermo. (2016). *La Ciudad de México en el siglo XXI, retos y Realidades*. México: MaPorra.

Alberti Marina. (2008). *Advances in Urban Ecology, Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. University of Washington, USA. Springer Science+Business Media.

Alberto Kalach. (2010). *Ciudad Futura*. Ciudad de México: Editorial RM.

Artículo: Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México, Víctor Manuel Peinado Guevara, Héctor José Peinado Guevara, Samuel Campista León y Omar Delgado Rodríguez. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=50188-45372015000200058](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50188-45372015000200058): --text=De%20los%20principales%20cultivos%20analizados,es%20el%20de%20menor%20consumo.

Ávila Gómez Rocio Maribel. (2015). *El lago de Texcoco: Historia de una Pérdida, de la Epoca Prehispánica al siglo XX*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado en julio de 2020 de <http://132.248.9.195/ptd2015/julio/0735928/Index.html>

Bélangier Pierre. (2012). *Landscape Infrastructure: Urbanism Beyond Engineering*. Harvard University.

Benavides Ballesteros Henry O., León Aristizabal Gloria E., (2007). INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

Berger Alan. (2009). *Systemic Design can Change the World*. Países Bajos: Amsterdam and Wouter Mikmak Foundation

Breña Puyol Agustín F., Breña Naranjo Jose A., (2009). *Problemática del recurso agua en grandes ciudades: zona metropolitana del valle de México*. 2020, de UNAM Depto. de ingeniería de Procesos Hidráulicos Recuperado de: [https://www.senado.gob.mx/comisiones/recursos\\_hidraulicos/docs/doc9.pdf](https://www.senado.gob.mx/comisiones/recursos_hidraulicos/docs/doc9.pdf)

Campos Ariaga Liliana. (2012). *Cubiertas y superficies reflectivas en México*. México: La Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación A.C.

Carta hidrogeológica de la cuenca del Río de las Avenidas, de Pachuca, Hgo., México, Rafael Huizar Álvarez

Comisión Ambiental Metropolitana. (2010). *Agenda de Sustentabilidad Ambiental para la Zona Metropolitana del Valle de México*. México: PAOT. Recuperado en julio de 2020 de: [http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/asa\\_zmvm\\_version\\_completa.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/asa_zmvm_version_completa.pdf)

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2017). *Impactos del Cambio Climático en la Salud*. 2020, de Gobierno de la Ciudad de México Sitio web: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/impactos-del-cambio-climatico-en-la-salud>

Delgadillo Oscar, Pérez Luis F., Andrade Mauricio. (2010) *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Bolivia. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Recuperado en julio del 2020 de: <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>

El clima de la ciudad de México, escrito por Ernesto Jáuregui O.

Estudios Territoriales de la OCDE, VALLE DE MÉXICO, MÉXICO

Forbes Staff. (2018). *CDMX, la quinta ciudad más habitada en el mundo*: ONU. julio/2020, de Forbes México Sitio web: <https://www.forbes.com.mx/cdmx-la-quinta-ciudad-mas-habitada-en-el-mundo-onu/>

Garza Silvia. (2018). *Migración y cambio Climático*. julio 2020, de Comisión Especial de Cambio Climático del Senado de la Republica Sitio web: [https://www.senado.gob.mx/comisiones/relext\\_orgint/eventos/docs/presentacion291117\\_4.pdf](https://www.senado.gob.mx/comisiones/relext_orgint/eventos/docs/presentacion291117_4.pdf)

GCCA (2012). *A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements*. Global Cool Cities Alliance.

Gobierno Del Estado De Hidalgo Secretaria De Obras Públicas, Comunicaciones, Transportes Y Asentamientos

Hernández V. Geórg. Ricardo. (2015) *Evolución Histórica del lago de Texcoco*. Recuperado en julio del 2020 de <https://www.argis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=ebcc98ca1ae6428b8f04159605855b5#>

<http://indicadores.conapo.gob.mx/Proyecciones.html>

[http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/tematicas/CLIMAS/evapo/702825690670.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/tematicas/CLIMAS/evapo/702825690670.pdf)

Infraestructura Hidráulica, [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo\\_4.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo_4.pdf)

<http://www.paot.org.mx/centro/inegi/amdf2002/archivo5.pdf>, Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002. Archivo 5

<http://www.paot.org.mx/centro/libros/proaire/cap02.pdf>

<https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Zona\\_metropolitana\\_del\\_valle\\_de\\_M%C3%A9xico](https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_metropolitana_del_valle_de_M%C3%A9xico)

[https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Disponibilidad\\_Acuiferos.html](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Disponibilidad_Acuiferos.html)

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/56213/valle-de-mexico-OCDE.pdf>

<https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/default.html#Mapa>

IPCC, 2018: Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15\\_Glossary\\_spanish.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf)

Isla Urbana. (2016). Sistema de captación de lluvia PUMA UNAM. Recuperado a partir de [www.islaurbana.org](http://www.islaurbana.org)

Magaña R. Victor Orlando. (2005). Guía Para Generar y Aplicar Escenarios Probabilísticos Regionales de Cambio Climático en la Toma de Decisiones, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México..  
Mogelgaard Kathleen. (2019). Estado de la Población Mundial: UNFA. Recuperado en julio de 2020 de: [https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/UNFPA\\_PUB\\_2019\\_ES\\_Estado\\_de\\_la\\_Poblacion\\_Mundial.pdf](https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/UNFPA_PUB_2019_ES_Estado_de_la_Poblacion_Mundial.pdf)

Molina, M., Sarukhán, J., Carabias, J. (2019). El Cambio climático. Causas, Consecuencias y Soluciones. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica. Recuperado de [http://www.cca.org.mx/lideres/cursos/cambio\\_climatico3/pdfs/m3/manual\\_escenarios.pdf](http://www.cca.org.mx/lideres/cursos/cambio_climatico3/pdfs/m3/manual_escenarios.pdf)

Monroy Oscar. (2017). El agua en la Ciudad de México: fuentes de abastecimiento. AGUA. México. Recuperado en julio de 2020 <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/01/Agua-Ciudad-de-Mexico-Abastecimiento.jpg>

PORTAL DE GECINFORMACIÓN 2020. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD (SNIB), <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gsa/>

Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo

SACMEX. (2018). Especificaciones POA. Gobierno de la Ciudad de México. Recuperado en julio de 2020 de [https://data.sacmex.cdmx.gob.mx/repositorio/art121/XXII/inter/Especificaciones\\_POA.pdf](https://data.sacmex.cdmx.gob.mx/repositorio/art121/XXII/inter/Especificaciones_POA.pdf)

SACMEX. (2019). Cumbre de Fondos de Agua. Gobierno de la Ciudad de México.

Sánchez Cohen, I., Díaz Padilla, G., Cavazos Pérez, T., Granados Ramírez, G. R., & Gómez Reyes, E. (2011). Elementos para entender el cambio climático y sus impactos. Editorial Miguel Ángel Porrúa. Recuperado de <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://site.ebrary.com/lib/bibliodgbsp/Doc?id=10957810>

Sarukhán Kermex José. (2018). ¿Por qué se pierde la biodiversidad?. julio 2020, de Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Sitio web: <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque>

Secretaría de Gobernación, Secretaría General del Consejo Nacional de Población, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2018). Sistema Urbano Nacional. Recuperado el julio del 2020 de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400771/SUN\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400771/SUN_2018.pdf)

Secretaría De Planeación, Desarrollo Regional Y Metropolitano. (2013). Programa Municipal De Desarrollo Urbano Y Ordenamiento Territorial De Tizayuca, Hidalgo. Gobierno del Estado de Hidalgo. Recuperado en julio del 2020 de <http://tizayuca.gob.mx/Transparencia/IMDUyV/Articulo70/IncisoF/ORDENAMIENTOTERRITORIAL/PROGRAMA-MUNICIPALDESARROLLOURBANOPYORDENAMIENTOTERRITORIAL.pdf>

SEDEMA(2014). Estrategia local de Acción Climática, Ciudad de México 2014-2020. México: Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C.

SEDEMA.(2014). Programa de Acción Climática, Ciudad de México 2014-2020. México: Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C.

Sistemas de Inundación, René van Veenhuizen, Oficial Profesional Asociado en Suelos, FAO,[http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/capta/siste1.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/capta/siste1.pdf)

Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, Dirección General de Planeación e Información Energéticas . (2018). En Balance General de Energía(129). México: Secretaría de Energía.

TESIS: Analisis de la agricultura de temporal en mexico y su relacion con las cuestiones climáticas; caso maiz y frijol. Por: Abel Santiago Jerónimo, <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5234/T17603%20SANTIAGO%20JERONIMO%2C%20ABEL%20%20%20%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TESIS: Caracterización del uso del suelo en el estado de México y su contribución en los flujos de gases de efecto invernadero, Alejandro César Valdés Carrera

Waldheim Charles. (2006). The Landscape Urbanism Reader. New York:Princeton Architectural Press.