



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS HIDRODINÁMICO PARA
LA VALORACIÓN DE CALIDAD EN CUERPOS DE AGUA A
PARTIR DE UN INDICADOR SIMPLE.
CASO DE ESTUDIO: SISTEMA LACUSTRE XOCHIMILCO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ARTURO MÉNDEZ LEYVA

DIRECTOR: M. en I. Martín Rubén Jiménez Magaña

San Juan de Aragón, Edo. de México, Noviembre de 2016.





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.

Quería tan sólo intentar vivir aquello,
que tendía a brotar espontáneamente
de mí. ¿Por qué había de serme tan
difícil?



CONTENIDO

LISTA DE IMÁGENES	iii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABLAS	iv
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
1. ESTADO DEL ARTE	3
1.1 Tipos de cuerpos de Agua.....	3
1.2 Ecuación de continuidad.....	5
1.3 Descripción general del análisis hidrodinámico unidimensional de cuerpos de agua.....	6
1.4 Descripción general del análisis hidrodinámico bidimensional de cuerpos de agua.....	8
1.5 Ecuaciones Saint-Venant.....	9
1.6 Herramientas (Softwares) para análisis hidrodinámico (HEC-Ras, SWMM, , MIKE 21, ÍBER).....	13
1.7 Teorías para definir indicadores	16
2. EL SISTEMA LACUSTRE DE XOCHIMILCO	19
2.1 Fisiografía	19
2.2 Contexto del sistema: Patrimonial, cultural, paisajístico y urbano	23
2.3 Aspectos hidráulicos del sistema lacustre	27
2.4 Resumen de los aspectos hidráulicos del “Análisis del estado de la conservación ecológica del sistema lacustre chinampero de la superficie reconocida por la UNESCO como sitio patrimonio de la humanidad en Xochimilco-Tláhuac-Milpa Alta”	31
3. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS HIDRODINÁMICO EN EL CASO DE ESTUDIO	38
3.1 Modelo de elevación (MDE).....	38
3.2 Estructuras de seccionamiento.....	38



3.3 Aforo de estructuras de entrega de Agua Residual Tratada	44
3.4 Zonificación espacial por cotas y estructuras	50
3.5 Malla para modelación hidrodinámica	53
3.6 Aplicación del modelo Iber para estimar velocidades de flujo	56
3.7 Desarrollo de indicador simple asociado a calidad	61
4. CONCLUSIONES.....	63
AGRADECIMIENTOS	64
REFERENCIAS	65

ANEXO A

ANEXO B



Lista de imágenes

Imagen 1. Canal de Xochimilco	3
Imagen 2. Lagos de Montebello en Chiapas.....	4
Imagen 3. Hidroeléctrica La Yesca.....	5
Imagen 4. Chinampas de Xochimilco.....	26
Imagen 5. Los Canales de Xochimilco	27
Imagen 6. Caudalímetro PrimeFlo-T Primayer.....	44
Imagen 7. Funcionamiento de caudalímetro Primayer PrimeFlo-T.....	45

Lista de figuras

Figura 1. Ecuación de Continuidad.....	6
Figura 2. Volumen de control en flujo uniforme.....	7
Figura 3. Componentes de vector Velocidad en un punto P.....	8
Figura 4. Flujo bidimensional vertical.....	9
Figura 5. Volumen de control elemental en un canal	10
Figura 6. Mapa: Sub-Cuenca Lago Texcoco-Zumpango.....	20
Figura 7. Mapa: AGEB'S Delegación Xochimilco	25
Figura 7. Infraestructura de agua tratada en Xochimilco y Tláhuac.....	30
Figura 9. Clasificación de canales para la cuantificación de sus longitudes y superficies, así como de cuerpos de agua.....	32
Figura 10. Evaporación media mensual de la zona de estudio.....	33
Figura 11. Mapa: Red de drenaje de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac.....	35
Figura 12. Mapa: Cuencas Urbanas.....	36
Figura 13. Mapa: Modelo Digital de Elevación.....	39
Figura 14. Formato de ficha para recopilación de información de estructuras hidráulicas.....	40
Figura 15. Ficha descriptiva de grúa compuerta 1	41
Figura 16. Mapa: Localización de Estructuras.....	43
Figura 17. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Atenco.....	46
Figura 18. Gráfica de comparación de caudales.....	48
Figura 19. Mapa: Sitios aforados de descarga de Agua Residual Tratada.....	49
Figura 20. Mapa: Zonificación por cota.....	51
Figura 21. Mapa: Zonificación con estructuras.....	52
Figura 22. LIDAR de la zona 3 para análisis hidrodinámico.....	54
Figura 23. Malla numérica de 5 x 5 visualizada en Excel.....	55
Figura 24. Condiciones para modelación en Iber.....	57
Figura 25. Resultados de velocidad en modelación hidrodinámica.....	59
Figura 26. Resultados de velocidad en modelación hidrodinámica sobre Ortofoto.....	60



Lista de Tablas

Tabla 1. Altitud	21
Tabla 2. Temperatura y Precipitación	21
Tabla 3. Precipitación Anual y Mensual	22
Tabla 4. PTAR que tienen relación directa con el sistema Lacustre Xochimilco-Tláhuac-Milpa Alta, todas operadas por el SACMEX	28
Tabla 5. Caudales de Agua Tratada enviada a la zona chinampera de Xochimilco.....	29
Tabla 6. Resumen de longitudes y superficies de canales y cuerpos de agua en la zona de estudio	33
Tabla 7. Datos de población y volúmenes de agua residual aportados al sistema lacustre	37
Tabla 8. Gastos de Agua Residual Tratada enviada a Xochimilco. Datos de SACMEX y datos obtenidos en campo	47
Tabla 9. Características de Zonificación	50
Tabla 10. Tiempo de residencia en cuerpos de Agua	62



INTRODUCCIÓN

La Zona Lacustre de Xochimilco está formada por lagunas y canales interconectados, así como por chinampas de producción agrícola en los pueblos San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco, estas condiciones la ubican como patrimonio natural y cultural de la humanidad, reconocida por la UNESCO desde 1986. Esta área aporta servicios ambientales para la ciudad de México, entre ellas el ciclo hidrológico pues es una zona de gran captación de agua para la recarga de mantos acuíferos

En la actualidad, la zona de estudio se alimenta de las descargas de Agua Residual Tratada, (ART) dichas aguas provienen de las plantas de tratamiento de San Luis Tlaxialtemalco, San Lorenzo y Cerro de la Estrella, siendo ésta última la que más aporta agua a los canales. Con el paso de los años la Zona Lacustre se ha visto afectada por el crecimiento de la población que junto aunado a la mala calidad del agua, han provocado que Xochimilco se encuentre en un estado crítico y esto se refleja en el deterioro de los canales.

Existen muchos indicadores de calidad de agua, entre ellos, tenemos el tiempo de residencia y éste se refiere al tiempo promedio que el agua permanece en un sitio, el agua que llega a los canales a través de las descargas de las plantas de tratamiento es muy baja en cantidad para un área tan grande, además de las descargas clandestinas de drenaje que se vierten directamente en la zona canalera, esto provoca que el agua permanezca estancada y por lo tanto la calidad de ésta no es la adecuada.

Con datos obtenidos directamente en visitas a la zona de estudio y LIDAR¹ obtenido de INEGI se elaboró un modelo digital de terreno para llevar a cabo una modelación matemática en el software Iber que ayudará a estimar las velocidades con las que se desplaza el agua a través de los canales en la zona de estudio.

Este trabajo se compone de cuatro capítulos que están estructurados de la siguiente manera:

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se describen los aspectos hidráulicos, iniciando con las definiciones de tipos de cuerpos de agua, se explica de manera general el flujo unidimensional y bidimensional, posteriormente se describen algunos de los softwares comúnmente utilizados

1. LIDAR (Light Detection And Ranging -detección por luz y distancia) es el resultado de la integración de las tecnologías GPS, se utiliza para la colecta de datos de altitud.



en análisis hidrodinámico; por último se presentan teorías para definir indicadores de calidad del agua.

CAPÍTULO 2. EL SISTEMA LACUSTRE DE XOCHIMILCO

Dentro de este apartado se presentan las características de la zona lacustre de Xochimilco, desde la fisiografía hasta los contextos urbano, paisajístico y cultural.

CAPÍTULO 3. HERRAMIENTAS DEL ANÁLISIS HIDRODINÁMICO EN EL CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se describen las actividades realizadas en campo y los datos relevantes para la modelación hidrodinámica de la zona de estudio. Las actividades principales corresponden al aforo de caudales en descargas hacia los canales de Xochimilco, así como la ubicación de estructuras de seccionamiento.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

Contiene los comentarios referentes a los resultados obtenidos a partir del análisis hidrodinámico expuesto en el apartado de la aplicación.

OBJETIVO

Este trabajo tiene como objetivo general:

- Establecer una relación simplificada entre la hidrodinámica de cuerpos de agua y su calidad a partir del uso de herramientas de modelación numérica.

Los objetivos particulares se presentan en orden del desarrollo de la tesis:

- Detallar los conceptos a utilizar en el análisis de flujo bidimensional y generación de indicadores.
- Exponer las particularidades de la zona de estudio.
- Presentar una aplicación de modelación hidrodinámica.



I.- ESTADO DEL ARTE

1.1 TIPOS DE CUERPOS DE AGUA.

Un cuerpo de agua puede ser definido como un gran volumen de agua que puede ser reconocida por tener un área de origen común. Pueden formarse por interacciones entre aire y mar o por mezcla de dos o más cuerpos de agua.

CANALES: De acuerdo a su origen, los canales pueden ser naturales o artificiales. Los naturales son los ríos que captan las aguas de una cuenca y las transportan en régimen a superficie libre hasta su desembocadura, su perfil longitudinal es sinuoso, su sección transversal es irregular, y tiene forma y dimensiones que varían continuamente a lo largo del mismo. Los artificiales son los construidos por el hombre para fines de riego, drenaje, navegación, etc. Los canales artificiales tienen, por lo general, secciones geométricas de forma y dimensiones constantes.



IMAGEN 1. Canal de Xochimilco. Imagen tomada del
Sitio Excelsior.com: <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2014/03/12/948381>



LAGOS Y LAGUNAS: Los lagos y lagunas son depresiones en la superficie terrestre que contienen aguas estancadas, drenadas por ríos. Su profundidad puede ir desde 1 a 2000 m y su tamaño puede oscilar desde menos de una hectárea, en las pequeñas lagunas, hasta los miles de km² de los grandes lagos que se pueden asemejar incluso a los ecosistemas marinos.



IMAGEN 2. Jorge Alberto Vega, Lagos de Montebello en Chiapas. Imagen tomada del sitio:
<http://www.panoramio.com/photo/10371142>

PRESAS: Es una estructura que se coloca de manera atravesada al lecho de un río, como obstáculo al flujo del mismo y su función principal es contener el agua hasta una elevación suficiente que permita derivar el agua por la obra de toma y se diseña para que la corriente vierta sobre ella, ya sea parcialmente o totalmente en su longitud.



IMAGEN 3. CFE, Hidroeléctrica La Yesca. Imagen tomada del sitio: <http://www.cfe.gob.mx/movil/Paginas/Hidroelectrica-La-Yesca.aspx>

1.2 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

El flujo de la masa de agua a través de la sección de un canal es ρVA , donde ρ es la densidad del líquido, V la velocidad media en la sección y A su área hidráulica. Cuando el flujo sigue la dirección del eje del canal según la coordenada curvilínea X sobre, el fondo (Figura 1), y no hay aportaciones o salidas de líquido en el trayecto, la forma matemática de la ecuación de continuidad para el flujo unidimensional permanente en toda su longitud es:

$$\frac{d(\rho VA)}{dx} = 0$$

Es decir, el flujo de masa no cambia al variar x . En un flujo a superficie libre ρ es constante (incompresible) y se puede eliminar de la ecuación anterior, es decir:

$$\frac{d(VA)}{dx} = 0$$

Que al integrar entre dos secciones 1 y 2 que limitan al volumen de control de la Figura 1, resulta:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 = \text{constante} \dots \text{ec. 1 Ec. De Continuidad}$$

Es decir, el gasto o caudal $Q = VA$ se mantiene constante en todo el canal. Cuando haya condiciones de flujo diferentes se debe establecer la ecuación de continuidad particular del caso que se trate.

dicho estado. Por esta razón es conveniente exponer las condiciones hidráulicas que rigen el flujo uniforme, antes de las de cualquier otro que pudiera representar las condiciones reales del movimiento del agua en el canal por diseñar.

Por definición, el flujo uniforme se presenta cuando:

- La velocidad, y con ella el tirante y el área hidráulica, permanecen constantes en cada sección.
- La línea de energía, la superficie libre del agua y la plantilla son paralelas. (Figura 2)

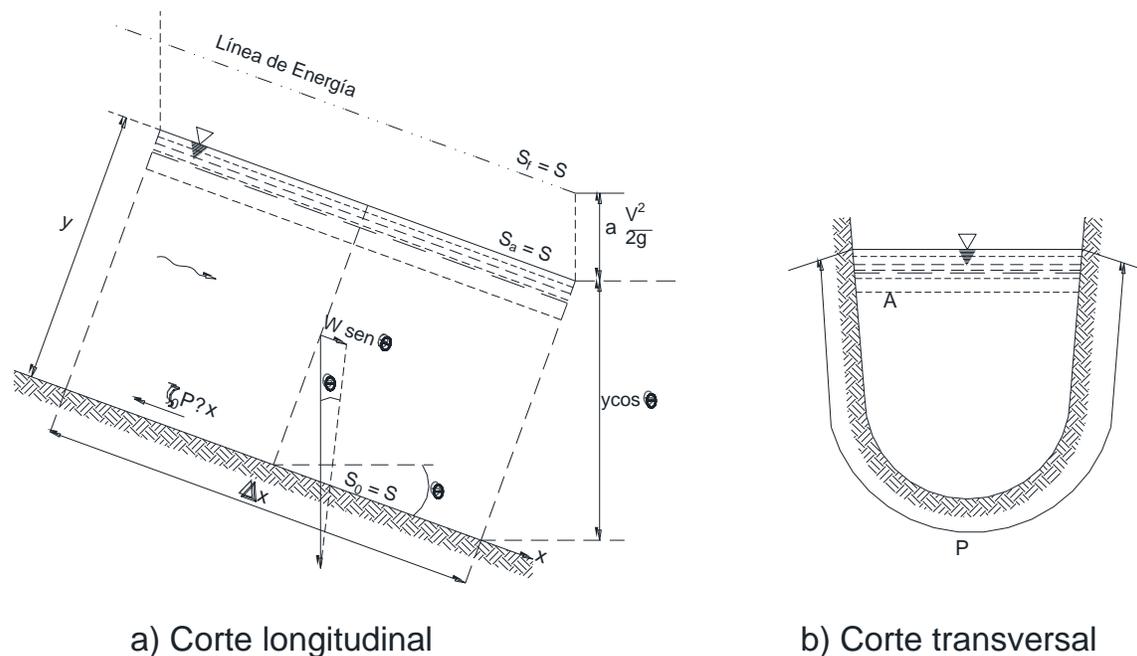


Figura 2. Volumen de control en flujo uniforme. Fuente: Hidráulica de Canales, Sotelo.

De acuerdo con lo anterior, el flujo uniforme ocurre sólo en estado permanente y en canales prismáticos de gran longitud. El flujo en corrientes naturales casi nunca alcanza una condición estricta de uniforme; cuando se expone en el cálculo, se entiende que los resultados obtenidos bajo esta suposición son aproximados, y a veces satisfactorios en algunos problemas prácticos.

El flujo permanente puede ser laminar o turbulento, pero las dimensiones relativamente grandes de la mayoría de los canales, combinadas con la poca viscosidad del agua, obligan a que el laminar sea poco común en la práctica. Además, aunque la velocidad media sea suficientemente pequeña para permitirlo, factores secundarios, como los disturbios ocasionados por el viento, de manera habitual producen aceleraciones locales o corrientes que exceden la velocidad límite laminar cuando el tirante es bajo.



Para que se establezca flujo uniforme es necesario que exista un balance dinámico entre el componente de la fuerza de peso en la dirección del flujo y la de la fricción.

1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ANÁLISIS HIDRODINÁMICO BIDIMENSIONAL DE CUERPOS DE AGUA

FLUJO BIDIMENSIONAL: Se dice que es bidimensional cuando sus características son idénticas sobre una familia de planos paralelos, no habiendo componentes en dirección perpendicular a dichos planos, o bien permanecen constantes; es decir, que el flujo tiene gradiente de velocidad o de presión (o tiene ambos) en dos direcciones exclusivamente.

Por ejemplo, un punto P ubicado en cualquier flujo y referido a un sistema rectangular de coordenadas cuenta con tres componentes que definen al vector velocidad del flujo en dicho punto (Figura 3).

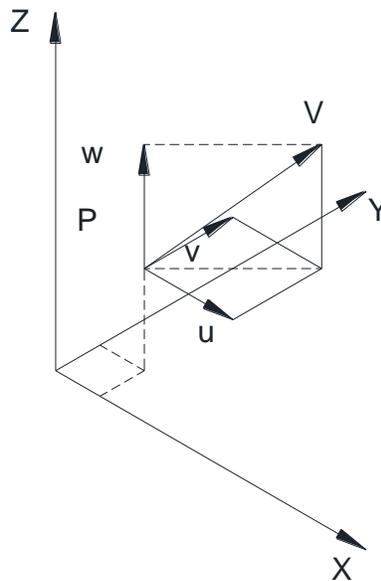


Figura 3. Componentes de vector Velocidad en un punto P

Si el componente asociado al eje Y es notablemente menor a los otros dos componentes, entonces tenemos un flujo bidimensional vertical, como ejemplo tenemos los campos de flujo cercanos a una compuerta o a un vertedor de sección rectangular (Figura 4).

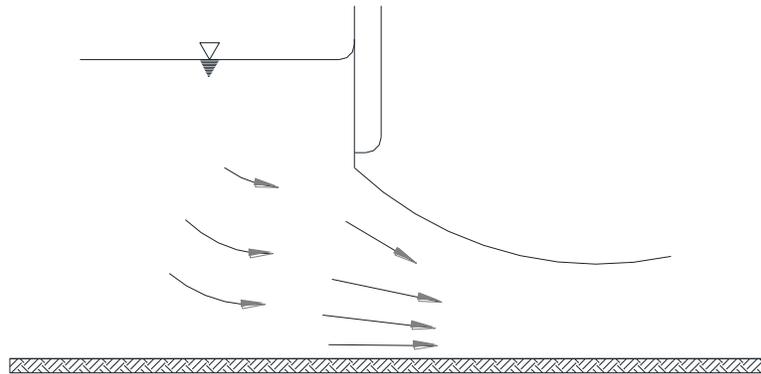


Figura 4. Flujo bidimensional vertical

Para el caso de flujo bidimensional horizontal tenemos que el componente asociado al eje Z es menor en comparación a los otros dos componentes. Los modelos bidimensionales son útiles para modelación de lagos, canales, etc. ya que la variación vertical de la velocidad es pequeña.

1.5 ECUACIONES SAINT-VENANT

Las ecuaciones de Saint-Venant describen el movimiento del agua a superficie libre en un canal y son el resultado de aplicar los principios de la conservación de la masa y de la cantidad de movimiento, bajo ciertas hipótesis básicas:

- Las líneas del flujo no tienen curvatura pronunciada, esto significa que el flujo varía gradualmente a lo largo del canal de forma que las aceleraciones verticales puedan considerarse despreciables.
- El fondo del canal es fijo y de pendiente pequeña, de modo que la profundidad del flujo y el tirante son aproximadamente idénticos, de tal suerte que la socavación y deposición son despreciables.
- Los coeficientes de resistencia para flujo uniforme permanente turbulento son aplicables de forma que las relaciones como la ecuación de Manning pueden utilizarse para describir los efectos de resistencia.

Con base a las hipótesis de Saint-Venant y aplicando los principios de la conservación de la masa y de la conservación de la Cantidad de Movimiento a un volumen de control elemental de longitud dx en un canal como el mostrado en la Figura 5, resultan las ecuaciones de continuidad y momentum de Saint-Venant.

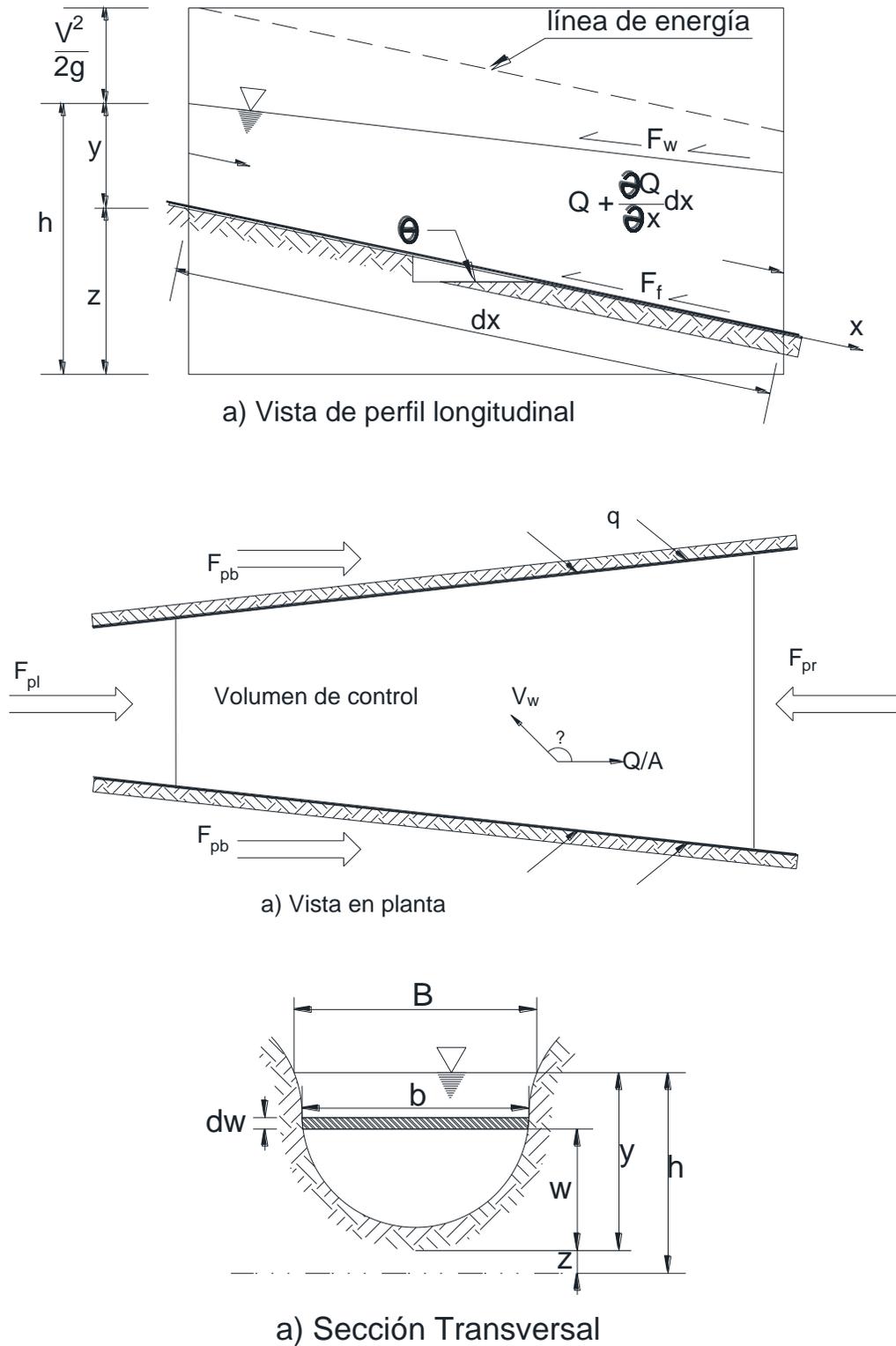


Figura 5. Volumen de control elemental en un canal.



Ecuación de Continuidad:

$$\frac{\delta A}{\delta t} + \frac{\delta Q}{\delta x} = q \dots \text{Ec. (2)}$$

Ecuación de Momentum:

$$\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta(Q^2/A)}{\delta x} + gA(Sf - S0) = qV \dots \text{Ec. (3)}$$

Donde:

A: área hidráulica (m²).

Q: el gasto (m³) que circula por A.

V: la velocidad media (m/s) en la dirección del flujo.

q: descarga lateral (m²/s) (q > 0: flujo entrante y q < 0: flujo saliente).

Y: tirante hidráulico (m).

Sf: pendiente de fricción.

S0: pendiente del fondo del canal.

g: aceleración de la gravedad (m/s²).

La pendiente de la línea de fricción (Ecuación 4) se determina a partir de la fórmula de Manning.

$$Sf = \frac{Q^2 n^2}{A^2 R h^{2/3}} \dots \text{Ec. (4)}$$

En ésta, n corresponde al coeficiente de fricción de Manning (s/m^{1/3}) y R el radio hidráulico (m), definido por R=A/P, donde P es el perímetro mojado (m).

Cuando se analiza un canal donde el flujo que se presenta es en régimen permanente, es decir, $\frac{\delta A}{\delta t} = 0$ y $\frac{\delta Q}{\delta x} = 0$ para las ecuaciones 2 y 3 respectivamente y además, que en aquel régimen es posible emplear la ecuación de continuidad Q=AV para determinar el caudal que pasa a través de una sección transversal específica; resulta que las ecuaciones de continuidad (2) y de momentum (3) de Saint-Venant se pueden escribir como:

Para continuidad

$$A \frac{dV}{dx} + V \frac{dA}{dx} = q \dots \text{Ec (5)}$$

Para momentum

$$\frac{d(AV^2)}{dx} + gA \frac{dy}{dx} + gA(Sf - S0) = qV \dots \text{Ec. (6)}$$



Si se aplican las propiedades de las derivadas al primer término del lado izquierdo de la ecuación 6, ésta se puede formular de la siguiente manera:

$$AV \frac{dV}{dx} + V \left(A \frac{dV}{dx} + V \frac{dA}{dx} \right) + gA \frac{dy}{dx} + gA(Sf - S0) = qV \dots \text{Ec. (7)}$$

De acuerdo con lo establecido en la ecuación 5, el segundo término del lado izquierdo de la ecuación 7 se puede escribir como: qV , ya que $A \frac{dV}{dx} + V \frac{dA}{dx}$ de donde resulta:

$$V \frac{dV}{dx} + g \frac{dy}{dx} = g(S0 - Sf) \dots \text{Ec. (8)}$$

Por otro lado, despejando $\frac{dV}{dx}$ de la ecuación 5 y con el conocimiento de que $dA=Bdy$, donde B es el ancho de la superficie libre del líquido, se obtiene:

$$\frac{dV}{dx} = \frac{q}{A} - \frac{VB}{A} \frac{dy}{dx} \dots \text{Ec. (9)}$$

Al sustituir la ecuación 8 resulta que:

$$\frac{dy}{dx} \left(1 - \frac{V^2 B}{gA} \right) = (S0 - Sf) - \frac{qV}{gA} \dots \text{Ec. (10)}$$

Por último, si se despeja $\frac{dy}{dx}$ de la ecuación 10 y se considera el término $\frac{V^2 B}{gA}$ define el número adimensional de Froude elevado al cuadrado (F^2), se llega a la siguiente expresión:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S0 - Sf}{1 - F^2} - \frac{qV}{gA(1 - F^2)} \dots \text{Ec. (11)}$$

Ésta representa la ecuación dinámica para flujo espacialmente variado con caudal decreciente debido a las extracciones laterales dentro del tramo de canal en análisis; la cual se obtiene, por lo general, al aplicar el principio de la energía. Si se tiene en la longitud de canal en estudio no se manifiestan extracciones laterales, es decir, $q=0$; resulta que $\frac{dy}{dx}$ se puede calcular como:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S0 - Sf}{1 - F^2} \dots \text{Ec. (12)}$$



Tal expresión es la ecuación dinámica del flujo gradualmente variado, igual a la que se obtiene en el análisis del flujo en régimen permanente y a superficie libre cuando se emplea la ecuación de la energía.

1.6 HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS HIDRODINÁMICO

A través de los años la tecnología ha sido utilizada para satisfacer necesidades esenciales de la humanidad. Dichas necesidades han llevado a la ingeniería a emplear nuevas herramientas tecnológicas, tales como: la computadora y el uso de lenguajes específicos para comunicarse con ella y simplificar su trabajo. Algunas herramientas utilizadas en la ingeniería son los softwares especializados en cálculos, diseño de estructuras, modelaciones hidráulicas, etc. con el empleo estas herramientas se pretende ahorrar tiempo y evitar al ingeniero un gran esfuerzo en la resolución de problemas prácticos planteados con modelos matemáticos de gran complejidad.

A continuación se describen de manera general algunos softwares de análisis hidrodinámico:

HEC-Ras

El HEC-Ras es un modelo numérico, diseñado para un uso interactivo en tareas múltiples, red de usos múltiples en diferentes ambientes. El sistema está compuesto de una interfaz gráfica para el usuario, separando los componentes del análisis hidráulico, almacenamiento de datos y capacidad de administración, de gráficas y facilidad en el manejo de la información.

El sistema HEC-Ras contiene fundamentalmente tres componentes de análisis hidráulicos unidimensionales, para:

- Flujo permanente en el cálculo del perfil de la superficie.
- Simulación de flujo no permanente.
- Cálculo del transporte de sedimentos.

Un elemento clave es que en los tres componentes pueden usarse datos geométricos representativos comunes, rutinas geométricas comunes y cálculo de rutinas hidráulicas. Además de los tres componentes del análisis hidráulico, el sistema contiene algunos diseños hidráulicos característicos que pueden ser utilizados una vez que el perfil de la superficie del agua ha sido calculado.



SWMM

El Storm Water Management Model (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales) de la EPA (Environmental Protection Agency-Agencia de Protección del Medio Ambiente) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El módulo de escorrentía o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Así mismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escurrimiento de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad de agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

SWMM considera distintos procesos hidrológicos que se producen en la salida de las aguas urbanas. Entre estos se encuentran:

- Precipitaciones variables en el tiempo.
- Evaporación de las aguas superficiales estancadas.
- Acumulación y deshielo de nieve.
- Intercepción de precipitaciones por almacenamiento en depresiones.
- Infiltración de las precipitaciones en capas del suelo no saturadas.
- Entrada del agua de la infiltración en los acuíferos.
- Intercambio de flujo entre los acuíferos y el sistema de transporte.
- Modelo de depósitos no lineales para el flujo superficial.

MIKE 21

Es un modelo de última generación en el campo de la modelación costera. Es una herramienta que se usa para simular procesos físicos, químicos y biológicos en ambiente marino. La siguiente lista es un pequeño subconjunto de la casi interminable lista de posibilidades de aplicación de MIKE 21:

- Evaluación de condiciones de diseño en estructuras costeras.
- Diseño de puertos y medidas de protección costera.
- Análisis de dispersión de aguas de refrigeración y salmueras y estudios de recirculación.
- Optimización de emisarios costeros.
- Estudios de impacto ambiental de las infraestructuras marinas.
- Modelación ecológica y optimización de sistemas de producción acuícola.



- Optimización de sistemas de energía renovable.
- Sistemas marinos de predicción para operaciones de salvamento marítimo y navegación.
- Sistemas de alarma frente a inundaciones costeras.
- Modelización de inundaciones terrestres y escurrimiento superficial.

IBER

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de Iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios. El modelo Iber consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales:

- Un módulo hidrodinámico.
- Un módulo de turbulencia.
- Un módulo de transporte de sedimentos.

Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros.

Para realizar una simulación hidráulica en dos dimensiones es necesario tener una base sólida de hidráulica, dinámica fluvial, y modelización numérica. Para poder realizar un cálculo con Iber, se deben realizar los siguientes pasos:

- Crear o importar una geometría.
- Asignar una serie de parámetros de entrada (rugosidad del fondo, modelo de turbulencia, etc.)
- Asignar condiciones de contorno e iniciales.
- Asignar opciones generales de cálculo (tiempo de cálculo, parámetros de esquema numérico, activación de módulos adicionales)
- Construir una malla de cálculo.
- Realizar el cálculo.

Las condiciones de contorno e iniciales, así como la mayor parte de parámetros de entrada se pueden asignar tanto sobre la geometría, como sobre la malla. Las condiciones asignadas sobre la geometría se traspasan a la malla al crearla, las condiciones asignadas sobre la malla se pierden al remallar. Para generar una malla se debe tener una geometría formada por superficies.



1.7 TEORÍAS PARA DEFINIR INDICADORES

Podemos definir a un indicador como la relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto de objetivos y metas previstas e influencias esperadas. Los indicadores son ante todo, información, es decir, agregan valor, no solo son datos. Siendo información, los indicadores deben tener los atributos de información, tanto en forma individual, como cuando se presentan agrupados. El valor resultante del indicador es necesario compararlo con diversos patrones de referencia para que éste cobre sentido. Algunos patrones pueden ser los siguientes:

- Las metas establecidas
- El comportamiento histórico del indicador (Para establecer tendencias)
- La relación que existe entre la capacidad real de atención con los recursos de que dispone y la manera como los aprovecha.
- El mejor valor logrado para dicho indicador, bien sea en la entidad o fuera de la misma.
- El valor del mismo indicador con respecto al sector al que pertenezca la entidad.

Algunos autores plantean que se necesitan cuatro atributos para conformar un “Buen Indicador” estos son:

- Objetivo: Definir claramente para qué se diseñó el indicador (establecer metas específicas: ¿Para quién?)
- Verificable objetivamente: Identifican la evidencia que demostrará los logros **obtenidos en cada nivel. Los logros pueden ser verificados en forma “objetiva”** a fin de que el ejecutor, supervisor y el evaluador puedan llegar a un acuerdo sobre lo que la evidencia implica. (¿Cuánto? - Cantidad, ¿De qué tipo? Calidad, ¿Cuándo? Tiempo, ¿Dónde? Lugar/Área)
- Práctico: Medir lo que es importante
- Independiente: Que no tiene dependencia, que no depende de otro, que es autónomo.

La composición de un indicador debe ser la siguiente:

- Nombre: La identificación del indicador es primordial, debe definir claramente su objetivo y utilidad, debe ser concreto,
- Forma de cálculo: Cuando se trata de indicadores cuantitativos, se debe tener muy clara la fórmula matemática para el cálculo de su valor, lo cual implica la



identificación exacta de los factores o variables que lo conforman y la manera como ellos se relacionan.

- Unidades: La manera como se expresa el valor de determinado indicador está dada por las unidades, las cuales varían de acuerdo con los valores que se relacionan.
- Glosario: Es fundamental que el indicador se encuentre documentado en términos de especificar de manera precisa los valores que se relacionan en su cálculo. Por lo general, las entidades cuentan con un documento o manual de indicadores, en el cual se especifican todos los aspectos relevantes a los indicadores que maneja la entidad.

PASOS Y/O METODOLOGÍA PARA ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES.

Metodología 1: Este ejemplo corto fue planteado en la presentación de metodología para formulación de marco lógico presentado por Shirley Cañete.

- 1^{er} Paso - Identificar el indicador: se plantea el objetivo por ejemplo: Los pequeños agricultores mejoran el rendimiento de arroz.
- 2^o Paso – Cantidad: pequeños agricultores (2 hectáreas o menos) aumentan el rendimiento promedio de arroz en un 40% (de "x" a "y").
- 3^{er} Paso – Calidad: pequeños agricultores (2 hectáreas o menos) aumentan **el rendimiento promedio de arroz en un 40% (de "x" a "y") manteniendo la misma calidad** (e.g., peso de los granos) de la cosecha de 2002.
- 4^o Paso – Tiempo: pequeños agricultores (2 hectáreas o menos) aumentan el **rendimiento promedio de arroz en un 40% (de "x" a "y")** entre octubre de 2003 y octubre de 2006, manteniendo la misma calidad (e.g., peso de los granos) de la cosecha de 2002.

Metodología 2: Este planteamiento es el presentado en el libro de indicadores de gestión de Jesús Mauricio Beltrán. El primer paso para el establecimiento de indicadores consiste en determinar el escenario, proceso, la escala, los objetivos y las metas planteadas. El proceso se encuentra relacionado con la acción que se está realizando: diagnóstico, evaluación, monitoreo o control y seguimiento. Los objetivos y metas están relacionados con el tratamiento que se le va a dar al problema o fenómeno y lo que se espera obtener con dicho tratamiento. El segundo paso consiste en hacer más operativo el proceso metodológico para lo cual se sigue el siguiente esquema.



- Contar con objetivos y estrategias: Es fundamental contar con objetivos claros, precisos, cuantificados y tener establecida la meta y las estrategias que se emplearán para lograr los objetivos.
- Identificar los factores claves: Se entiende por factor crítico o clave aquel aspecto o variable que es necesario mantener bajo control, el proceso o la labor que se pretende adelantar.
- Definir los indicadores para cada factor clave: Es necesario establecer unos indicadores que permitan hacer monitoreos de acuerdo con las acciones, proyectos, medidas implantadas o simplemente para determinar la evolución; los monitoreos se deben realizar antes del proyecto, durante éste y después de la ejecución del proceso respectivo.
- Determinar estado, umbral y rango de gestión: valores o estándares de referencia.
- Diseñar la medición: Consiste en determinar fuentes de información frecuencia de medición, tipo y presentación de la información, asignar responsables de la recolección, tabulación, análisis y presentación de la información, forma de cálculo del indicador.
- Determinar y asignar recursos: se establecen las necesidades de recursos que demanda la realización de las mediciones y las fuentes de financiación para que el indicador y medición sean sostenibles.
- Medir y ajustar: La experiencia ha mostrado que la precisión y operatividad adecuada de un sistema de indicadores no se logra a la primera vez. Es necesario tener en cuenta que la primera vez que se efectuó la medición surgirán una serie de factores que es necesario ajustar o cambiar en los siguientes aspectos: Pertinencia del indicador, Valores y rangos establecidos, Fuentes de información seleccionadas, Proceso de toma y presentación de la información, Frecuencia en la toma de la información, Destinatario de la información, etc.
- Estandarizar y formalizar: Consiste en el proceso de especificación completa, documentación, divulgación e inclusión entre los sistemas de operación del sistema de indicadores. Es durante esta fase que se desarrollan y quedan en limpio las cartillas o manuales de indicadores.
- Mantener en uso, mejorarlo o desecharlo: Evaluar permanentemente los indicadores para verificar su pertinencia. Hacer mantenimiento al sistema es básicamente, darle continuidad operativa y efectuar los ajustes que se deriven del permanente monitoreo del sistema y su entorno. Así mismo, mejorar continuamente significa incrementar el valor que el sistema de indicadores de gestión agrega a los procesos, entidades y usuarios, es hacerlo cada vez más preciso, ágil, oportuno, confiable y sencillo.



II.- EL SISTEMA LACUSTRE DE XOCHIMILCO

2.1 FISIOGRAFÍA

El sistema lacustre se encuentra en la zona centro-sureste del Distrito Federal, México; está ubicado en las porciones centro y norte de la delegación Xochimilco. La zona presenta varios accesos, al Norte y al Este colinda con las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac. A lo largo de su perímetro limita con colonias y barrios; debido a la estructura del sistema lacustre y su colindancia con la zona urbana, existe una fuerte presión al interior del sitio, por lo que hay asentamientos humanos irregulares.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA. Coordenadas geográficas extremas: 19° 15' 11" y 19° 19' 15" Latitud Norte y 99° 00' 58" y 99° 07' 08" Longitud Oeste. Coordenada Central aproximada: 19°17'N 99°04'W.

HIDROLOGÍA. Xochimilco pertenece a la región del Panuco, dentro de la cuenca hidrológica del río Moctezuma y la subcuenca Lago Texcoco-Zumpango (Figura 6). Se estima una longitud aproximada de 203 km de canales conectados entre sí, entre los más importantes se encuentran: Caltongo, Zacapa, Nacional, Chalco. Algunas de las lagunas más importantes son: Caltongo, San Gregorio Atlapulco y San Lucas.

En la actualidad el sistema lacustre funciona con dos procesos: uno natural y otro artificial. De manera natural el sistema se abastece de los escurrimientos superficiales por los ríos San Lucas y San Gregorio y captan las aguas residuales y pluviales de los pueblos, San Lucas Xochimanca, San Miguel Topilejo, Santiago Tepalcatlalpan.

De manera artificial los canales y lagunas ubicadas en la zona chinampera son alimentados artificialmente con agua tratada de las plantas del Cerro de la Estrella, cuyo aporte es de 790 l/s; San Luis Tlaxialtemalco, que aporta 45 l/s; además de la planta de San Lorenzo Tezonco, con un caudal de 40 l/s; por lo que en total se tiene un aporte de 875 l/s, de acuerdo a información del SACMEX.



Facultad de Estudios Superiores Aragón El Sistema Lacustre de Xochimilco

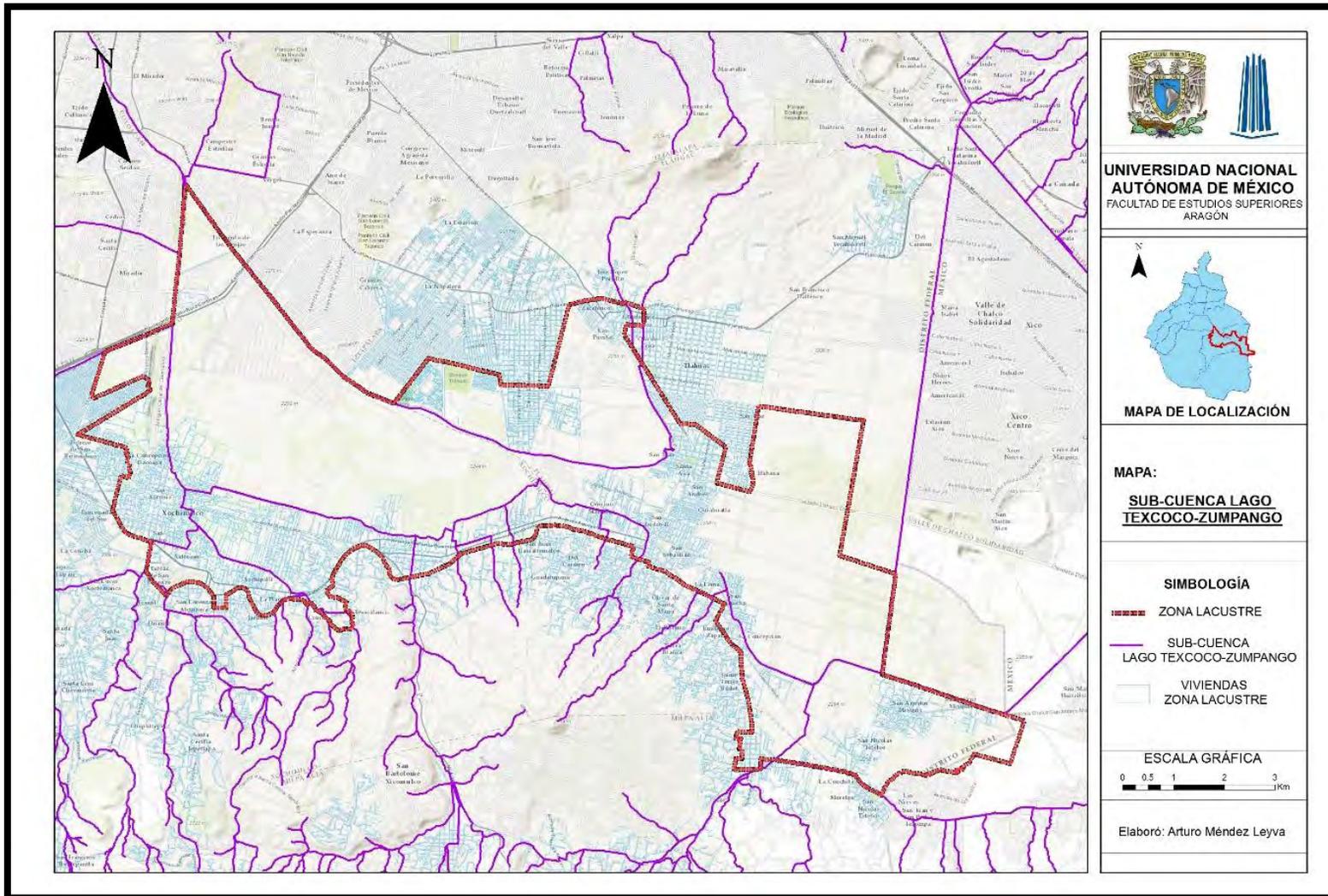


Figura 6. Mapa: Sub-Cuenca Lago Texcoco-Zumpango. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI.



TIPO DE SUELO. El suelo que predomina es de tipo lacustre con gran cantidad de sedimentos de tipo arcilloso intercalados con arenas de grano fino; en esta zona se formó el sistema de canales de Xochimilco ubicados en la parte norte de la delegación, en donde se presentan además basaltos fracturados de gran permeabilidad.

CLIMA. El clima de la zona, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (1988), es C(w2) (w) b (i'), es decir templado sub-húmedo, con lluvias en verano. La temperatura media anual varía entre 12° y 18°C. De acuerdo con la estación meteorológica ubicada en San Gregorio Atlapulco, la temperatura promedio mensual es de 17° C, con poca oscilación anual (entre 5° y 7°C). Entre noviembre y enero se presentan de 7 a 15 días de heladas. Durante la mayor parte del año los vientos dominantes provienen del norte y noreste, mientras que de noviembre a febrero dominan los vientos del sureste, con una velocidad promedio de 10 km/h.

Tabla 1. Altitud. Fuente: Dirección técnica DGCOH, GDF

ALTITUD		
Zona	Zona y colonias representativas	Altitud (msnm)
Norte	Parque ecológico de Xochimilco y zona de canales	2,250
Este	Pueblo San Luis Tlaxialtemalco, Barrio San Isidro, Nativitas, Santa María del Olivar	2,300 a 2,450
Oeste	Tepepan, Huichapan, Santa Cruz Xochitepec, La Cebada, Barrio 16	2,250 a 2,350
Sur	Pedregal de San Francisco, San Isidro	2,600 a 2,700
Centro	San Lorenzo Atemoaya, Xochimilco, Barrio Tejomulco, Barrio La Plata	2,300 a 2,500

CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS. A continuación se muestran las características más relevantes y la precipitación histórica.

Tabla 2. Temperatura y Precipitación. Fuente: INEGI, Atlas Climático de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN		
Temperatura		Precipitación acumulada promedio en 2000
Mínima	7.2° C	
Media:	15.8° C	265.4 mm
Máxima	23.2°C	



Tabla 3. Precipitación Anual y Mensual. Fuente: "Dirección Técnica. DGCOH, GDF."

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA MENSUAL Y ANUAL (1982-2000) EN mm													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1982	0.0	7.7	4.2	24.7	7.6	104.4	101.2	82.7	31.4	24.1	0.9	1.4	390.3
1983	14.3	9.0	5.7	0.0	19.2	54.6	193.7	118.1	82.2	39.9	10.7	1.5	548.9
1984	7.1	4.9	1.5	1.0	68.6	96.4	171.6	125.6	167.8	50.8	0.0	3.1	698.4
1985	0.6	6.0	4.0	48.5	59.1	164.1	107.4	79.9	93.2	24.2	4.5	0.1	591.6
1986	0.0	0.1	0.0	18.5	72.5	168.9	94.2	130.3	72.2	44.0	10.4	2.9	614.0
1987	0.0	1.8	8.0	13.3	64.4	168.2	138.2	138.2	58.6	0.0	9.0	0.0	599.7
1988	0.1	1.0	36.1	2.4	57.0	124.5	102.2	92.0	130.3	34.2	1.1	0.0	580.9
1989	3.4	1.2	3.4	18.9	25.0	155.1	125.1	133.7	123.2	22.8	1.2	13.0	626.0
1990	13.1	4.9	6.2	56.0	83.9	81.5	194.6	137.8	136.6	36.5	3.1	0.1	754.3
1991	3.1	0.0	0.0	6.1	47.7	202.4	137.9	76.2	103.5	79.2	1.6	6.8	664.5
1992	25.4	20.8	13.1	21.2	76.5	38.4	144.1	130.0	166.5	111.6	38.1	0.3	786.0
1993	8.3	4.3	9.0	9.5	12.3	180.5	90.4	79.5	129.8	26.4	17.6	0.0	567.6
1994	15.3	1.2	1.1	20.9	37.8	128.5	131.4	187.2	175.8	47.6	5.8	2.0	754.6
1995	28.0	12.0	9.3	8.1	23.4	168.1	113.5	210.1	103.7	40.3	53.2	62.8	832.5
1996	0.0	0.0	0.0	24.0	8.8	82.3	98.4	106.4	107.7	17.0	0.0	16.0	460.6
1997	0.2	0.0	26.9	59.1	46.0	81.3	138.3	120.6	89.6	54.2	13.6	9.3	639.1
1998	5.3	0.0	0.0	3.7	3.3	36.5	81.6	264.1	131.2	20.9	0.0	191.3	737.9
1999	0.0	0.0	9.2	13.8	26.1	43.1	135.9	76.9	162.4	2.0	0.0	162.4	631.8
2000	0.0	0.1	2.9	6.1	105.7	150.6	--	--	--	--	--	--	265.4
Promedio	6.5	3.9	7.4	18.7	44.5	117.3	127.8	127.2	114.8	37.5	9.5	26.3	641.4



2.2 CONTEXTO DEL SISTEMA: CULTURAL, PATRIMONIAL, PAISAJÍSTICO Y URBANO

CONTEXTO HISTÓRICO-CULTURAL. La agricultura fue una de las actividades económicas más importantes en Xochimilco y la falta de suelos en las riberas del lago representó obstáculos que se resolvieron con la creación de chinampas. Las chinampas son un sistema de cultivo consistente en terrenos rectangulares conformados artificialmente y separados entre sí por canales, apantles o acalotes, destinados al uso agrícola. La zona chinampera más extensa se localizaba en los lagos de Chalco y Xochimilco, principalmente en los pueblos de San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, Santa Cruz Acalpixca. La tradición chinampera cuenta con alrededor de mil años de ser productiva, fue de las pocas actividades agrícolas que no fueron abandonadas después de la conquista.

Las chinampas y canales son considerados espacios abiertos monumentales ubicados en suelo urbano, delimitados y contruidos por el hombre y que cuentan con valores, histórico, artístico, estético, tecnológico, científico, y socio-cultural, meritorios de ser legado a las generaciones futuras, de acuerdo con la Ley de Salvaguarda del Patrimonio Urbanístico Arquitectónico del Distrito Federal.

CONTEXTO URBANO. Para evaluar los aspectos socioeconómicos se consideraron principalmente dos fuentes: el Cuaderno Estadístico Delegacional Xochimilco del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y la información base disponible del Marco Geoestadístico Nacional, que son las Áreas Geográficas de Estadística Básica (AGEB), división político-administrativa del país que se ajusta a los límites de las delegaciones políticas y está definida por elementos naturales y/o culturales. Según el Censo General de Población y Vivienda (INEGI), en torno al Área Natural Protegida (ANP) **se encuentran 44 AGEB's, todas** ubicadas en la Delegación Xochimilco y distribuidas de la siguiente forma.

AGEB's totalmente dentro del ANP. **Se estima un total de 5,269 personas en 7 AGEB's.** Se calcula que existen 1,118 viviendas particulares cuyo grado de consolidación es intermedio con tendencia a alto, debido a la cobertura de servicios con que cuentan y a los materiales de construcción utilizados. El 62% de éstas cuenta con todos los servicios; sólo 1% no tiene energía eléctrica; 2% no cuenta con agua entubada y una tercera parte carece de drenaje. Únicamente 238 viviendas (21%) han sido construidas con materiales ligeros o precarios. La población masculina y femenina se presenta en igual proporción y muestra un predominio de gente joven-adulta, siendo el intervalo de edad de 15 a 64 años el más numeroso; le sigue la población infantil de 1 a 14 años; y finalmente, la población con más de 65 años. La población económicamente activa (PEA) está conformada por 39% de la población total (2,058 habitantes), de los cuales casi 90% se ocupa en los sectores de comercio y servicios; únicamente 10% se dedica a actividades agropecuarias (sector primario).



AGEB's parcialmente dentro del ANP; este grupo está constituido por cinco áreas geográficas, con un total de 19,378 personas, quienes ocupan 4,132 viviendas; la escolaridad se ubica entre ocho y nueve grados; la PEA la forma 36% de la población total, dedicada principalmente al comercio y los servicios.

AGEB's que constituyen el área de influencia; este grupo está formado por 32 áreas geográficas, con 121,131 habitantes, distribuidos en 26,439 viviendas; el grado de consolidación de los asentamientos es alto; sólo 5% de las viviendas está construido con paredes de material ligero, precario o natural y 9% carece de drenaje. El promedio de escolaridad es de 3° de secundaria; la PEA se estima en 40% de la población total, de los cuales 91% se ocupa en actividades de comercio y servicios y 9% en actividades agropecuarias, el 33% percibe ingresos entre 1 y 2 salarios mínimos mensuales.



Facultad de Estudios Superiores Aragón El Sistema Lacustre de Xochimilco

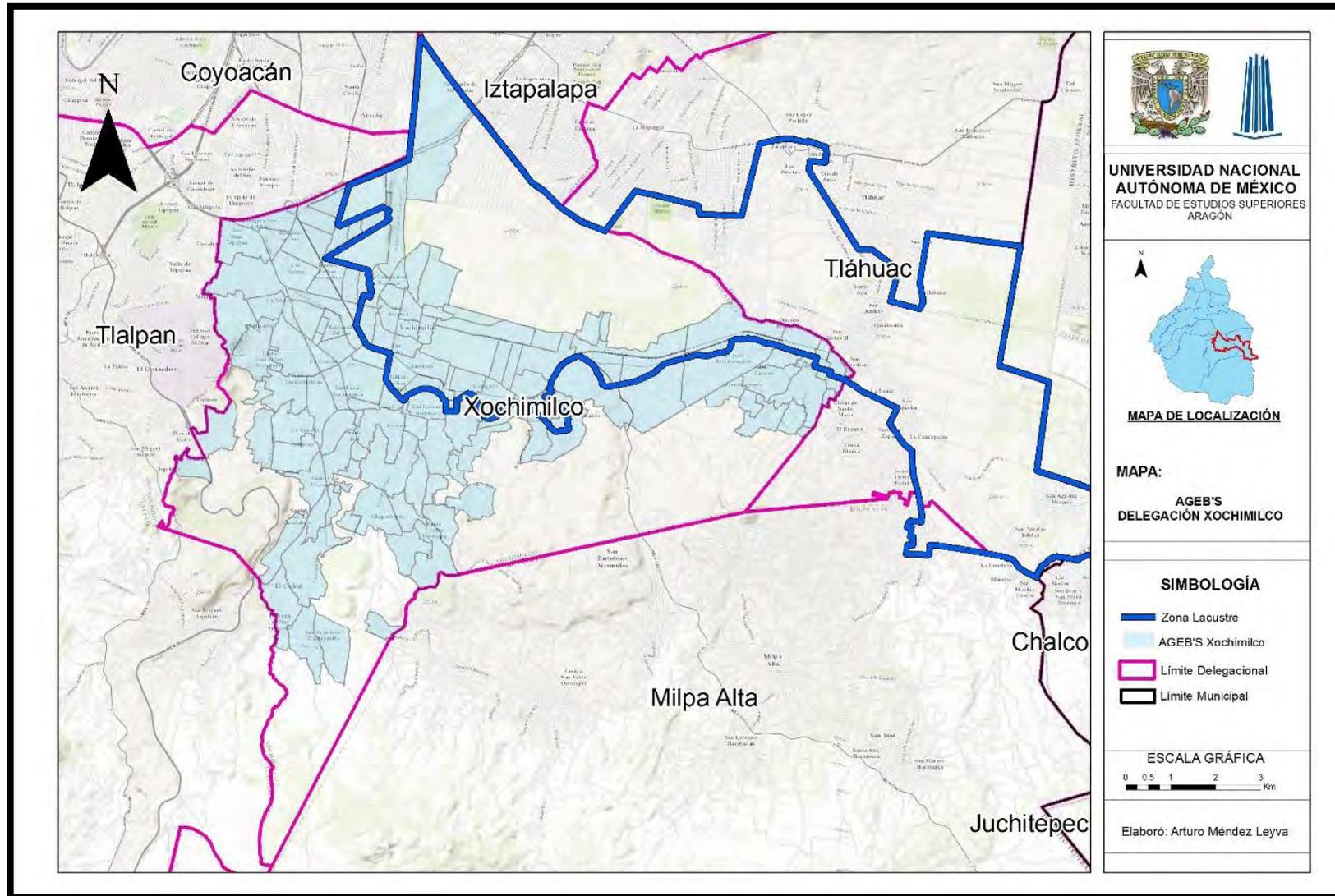


Figura 7. Mapa: AGEB'S Delegación Xochimilco. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI.



CONTEXTO PATRIMONIAL. Xochimilco a través de sus islas artificiales denominadas chinampas y su red de canales representa el espíritu creativo del esfuerzo del hombre mesoamericano para construir un ecosistema productivo en un medio lacustre. Por su legado histórico-cultural, fundado en una cultura del agua, es decir, la cultura chinampera, el paisaje lacustre de Xochimilco constituye un Valor Universal Excepcional inigualable.

Las chinampas (Imagen 4) actuales representan el último testimonio vivo de la antigua cultura lacustre, gracias a las generaciones de productores originarios que han mantenido vigente la agricultura chinampera, así como también por sus costumbres; esto ha permitido constituir un invaluable patrimonio cultural universal, lo que hace de este sistema productivo un sistema integral único en el mundo. Esta característica contribuyó a que el 11 de diciembre de 1987 la zona fuera declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad junto con el centro histórico de la Ciudad de México.



Imagen 4. Chinampas de Xochimilco. Foto tomada el 20 de febrero de 2014, por Arturo Méndez.

CONTEXTO PAISAJÍSTICO. Xochimilco se ha descrito históricamente como un paisaje cultural, pero con el paso de los años la contaminación del suelo, aire y agua han provocado el deterioro del lugar, así como el mal manejo del área natural que ha provocado la pérdida del paisaje.

En la zona chinampera con actividades turísticas (Imagen 5) se encuentra el paisaje más reconocido de Xochimilco, se caracteriza por canales, ahuejotes, trajineras y elementos que identifican la actividad florística. Los canales principales de la región sur sirven como ruta turística para los paseos en canales, generando recursos económicos y a su vez también contaminantes. El atractivo de los recorridos consiste en la apreciación del paisaje, estos



varían de acuerdo al recorrido, algunas veces son paisajes cerrados por los alineamientos de ahuejotes y abiertos cuando los canales se unen a las lagunas. Existen canales que tienen contacto directo con las zonas habitacionales.



Imagen 5. Fredy Pastrana Trejo, Los Canales de Xochimilco. Imagen tomada del sitio: www.nuestramirada.org

2.3 ASPECTOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA LACUSTRE: PTAR

La delegación Xochimilco cuenta con dos plantas de tratamiento San Luis Tlaxialtemalco y Reclusorio Sur, con capacidad de operación de 110 L/s y 13 L/s respectivamente. La primera recibe agua del colector Madrina Xochimilco y cuenta con un proceso de tratamiento de nivel terciario con filtros de grava y arena y tratamiento de lodos; la segunda con aportaciones del mismo reclusorio presenta un tipo de proceso secundario. Además hay dos vasos reguladores, que como su nombre lo dice, sirven para regular el nivel de agua de los canales y dos lagos importantes: San Gregorio Atlapulco y Parque Ecológico Xochimilco (laguna artificial), con una profundidad de 3m a 6m. Estos cuerpos de agua benefician la filtración de agua al subsuelo; es necesario el control y delimitación de todos ellos para su buen funcionamiento en el sistema hidráulico.



El agua tratada es utilizada en el riego de las áreas verdes mismas que abarcan una superficie de 13.76 km², así como para la recarga del acuífero. El llenado de canales y lagos recreativos deben de mantener los niveles constantes de los mismos, también la primera planta abastece a un distrito de riego localizado al sur de Canal Nacional-Canal de Chalco, además la planta de tratamiento Cerro de La Estrella (delegación Iztapalapa) aporta parte de su gasto al llenado de los canales y lagos.

De acuerdo a la información que brinda el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) denominada “Infraestructura de Agua Tratada en Xochimilco y Tláhuac” se indica que hay 24 Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) en el Distrito Federal, de las cuales 7 tienen relación directa con Tláhuac y Xochimilco, y dentro de esas 7 sólo 3 tienen relación con Xochimilco. En la tabla 4 se muestran los datos de proceso de tratamiento, gasto de diseño y operación de las 7 PTAR.

Tabla 4. PTAR que tienen relación directa con el sistema Lacustre Xochimilco-Tláhuac-Milpa Alta, todas operadas por el SACMEX. Fuente: SACMEX

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL						
No	NOMBRE DE LA PTAR	PROCESO	GASTO DE DISEÑO (L.P.S.)	GASTO DE OPERACIÓN (L.P.S.)	DELEGACIÓN	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
4	CERRO DE LA ESTRELLA, DELEG. IZTAPALAPA	TERCIARIO CON FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN	4000	2200	IZTAPALAPA	1971
8	EL LLANO, DELEG. TLÁHUAC	TERCIARIO CON FILTRACION Y DESINFECCION CON RAYOS ULTRAVIOLETA	250	130	TLAHUAC	2000
11	LA LUPITA, DELEG. TLÁHUAC	SECUNDARIO	15	14	TLAHUAC	1994
15	SAN ANDRES MIXQUIC, DELEG. TLÁHUAC	PRIMARIO AVANZADO CON DESINFECCIÓN	30	25	TLAHUAC	1997
17	SAN LORENZO, DELEG. TLÁHUAC	TERCIARIO CON FILTRACION Y DESINFECCION	225	75	TLAHUAC	1998
18	SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, DELEG. XOCHIMILCO	TERCIARIO CON FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN	150	65	XOCHIMILCO	1989
20	SAN NICOLAS TETELCO, DELEG. MILPA ALTA	SECUNDARIO	15	10	TLAHUAC	1993



En la Figura 8 se muestra la infraestructura de Agua Residual Tratada de las delegaciones, en ella se aprecian seis de las siete PTAR mencionadas en la tabla 4, también se indica el trazo de tuberías de distribución y se observa que hay dos grandes ramales que distribuyen el agua en Xochimilco y otro conduce el agua hacia Tláhuac, durante su recorrido existen cuatro plantas de rebombeo que tienen la finalidad de elevar el agua para seguir conduciéndola hacia su destino; por último se indican los sitios de suministro de Agua Residual Tratada de la zona, en la cual se aprecian 13 sitios y a su vez se indican con una circunferencia.

En la tabla 5 se indica la fuente de abastecimiento de los 13 sitios de suministro, nueve son abastecidos por la PTAR Cerro de la Estrella, tres por la PTAR San Luis Tlaxialmealco, y solamente uno por la PTAR San Lorenzo. La suma de los caudales aportados por dichas PTAR es de 875 L/s, como se muestra a continuación.

Tabla 5. Caudales de Agua Tratada enviada a la zona chinampera de Xochimilco. Fuente: SACMEX

CAUDALES DE AGUA TRATADA ENVIADA A LA ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO				
N°	SITIO DE SUMINISTRO	DIÁMETRO	GASTO (L/s)	FUENTE
1	PARQUE ECOLÓGICO	30 (12")	150	PTAR Cerro de la Estrella
2	LA DRAGA	15 (6")	50	PTAR Cerro de la Estrella
3	FERNANDO CELADA	15 (6")	60	PTAR Cerro de la Estrella
4	LOS GALEANA		0	PTAR Cerro de la Estrella
5	CANAL 27 (EMBARCADEROS ZACAPA)	91 (32")	300	PTAR Cerro de la Estrella
6	CANAL CALTONGO		0	PTAR Cerro de la Estrella
7	CANAL CALTONGO (EXCLUSA)	30 (12")	180	PTAR Cerro de la Estrella
8	CANAL CALTONGO (MERCADO)	10 (4")	20	PTAR Cerro de la Estrella
9	FLORICULTOR	61 (24")	30	PTAR Cerro de la Estrella
10	MÉXICO 70	10 (4")	5	PTAR San Luis Tlaxialmealco
11	ATENCO	30 (12")	30	PTAR San Luis Tlaxialmealco
12	LA FÁBRICA	10 (4")	10	PTAR San Luis Tlaxialmealco
13	MOCTEZUMA	30 (12")	40	PTAR San Lorenzo

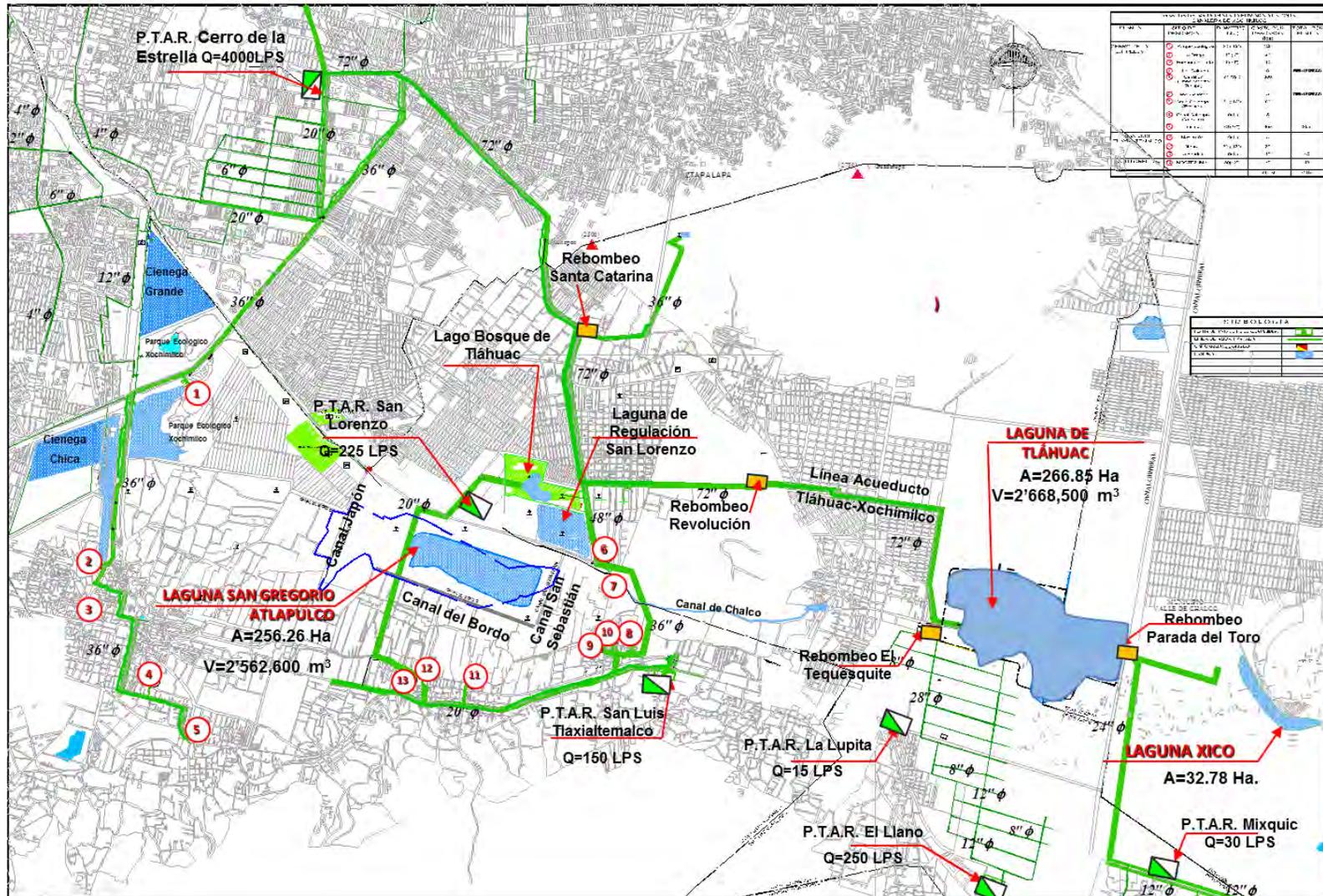


Figura 8. Infraestructura de agua tratada en Xochimilco y Tláhuac. Fuente: SACMEX



2.4 RESUMEN DE LOS ASPECTOS HIDRÁULICOS DEL “ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN ECOLÓGICA DEL SISTEMA LACUSTRE CHINAMPERO DE LA SUPERFICIE RECONOCIDA POR LA UNESCO COMO SITIO PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD EN XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA”

Del trabajo “Análisis del estado de conservación ecológica del sistema lacustre chinampero de la superficie reconocida por la UNESCO como sitio patrimonio de la humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta” desarrollado por PUMA-UNAM y el Gobierno del Distrito Federal se desprende la siguiente información: el Distrito Federal cuenta con 24 Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de las cuales 7 tienen relación directa con Xochimilco y Tláhuac; dichas PTAR se muestran en la tabla 4 y posteriormente en la tabla 5 se indican los caudales de suministro a la zona chinampera de Xochimilco así como la PTAR que las abastece. Durante los meses de abril a julio del año 2014 se realizaron trabajos de aforo en 15 sitios visitados dentro de la zona chinampera de Xochimilco. Con la información obtenida de dichos aforos se realizó una comparación con los datos oficiales del SACMEX encontrando discrepancias, puesto que el caudal oficial del SACMEX es de 875 l/s y el aforado corresponde a 191.75 L/s.

Durante el mismo intervalo de tiempo se hicieron visitas a las estructuras hidráulicas ubicadas en la zona lacustre de Xochimilco, entre ellas ocho esclusas, dos compuertas, un punto de recarga, y una planta de bombeo. La descripción y ubicación de las estructuras tiene como finalidad hacer una división del sistema lacustre por sus niveles de agua.

CLASIFICACIÓN DE CANALES Y PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN

La figura 9 presenta gráficamente la clasificación de canales y cuerpos de agua de la zona chinampera, para determinar dicha clasificación se aplicó una metodología la cual consiste en utilizar una imagen aérea de gran resolución, clasificándose en tres anchos tipo:

- a) Grandes. Aquellos mayores a 15 m de ancho.
- b) Medios. Aquellos que tienen anchos entre 5 y 15 m.
- c) Chicos. Aquellos que tienen ancho menor a 5 m.

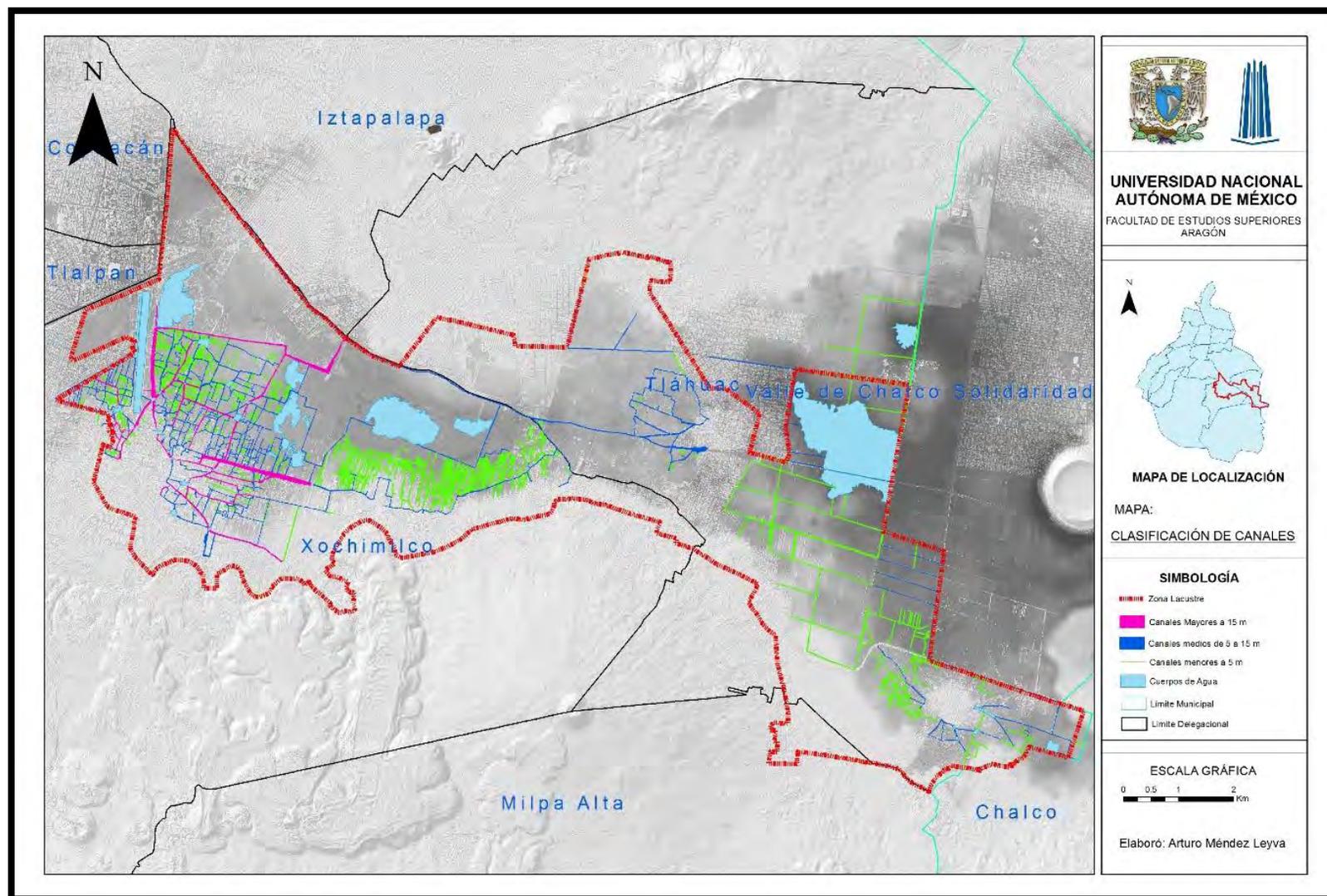


Figura 9. Clasificación de canales para la cuantificación de sus longitudes y superficies, así como de cuerpos de agua. Fuente: Elaboración propia.



En la tabla 6 se muestra un resumen de la cuantificación de canales y cuerpos de agua en donde se presentan los valores de longitud y superficie. El valor total de superficie en condiciones medias es de 7, 118,636 m².

Tabla 6. Resumen de longitudes y superficies de canales y cuerpos de agua en la zona de estudio.

Tipo	Ancho	Longitud (m)	Superficie (m ²)
Grande	< 15 m	193,723	678,031
Medio	15 m a 5 m	132,107	1,179,591
Chico	< 5 m	26,292	616,220
Cuerpos de agua	N/A	N/A	4,644,794
		Suma	7,118,636

Con ayuda de la base de datos Extractor Rápido de Información Climatológica versión 3 (ERIC 3) se procedió a revisar a partir de los años 60 la evaporación potencial de la zona lacustre, los datos utilizados corresponden a la estación climatológica Muyuguarda, ubicada en Xochimilco con clave 09034, en donde el total de la evaporación media anual corresponde a 1,489.3 mm que para el año más representativo (año 1967) arroja una evaporación promedio de 4.05 mm y un valor máximo de 11.9 mm y mínima de 0.5 mm.

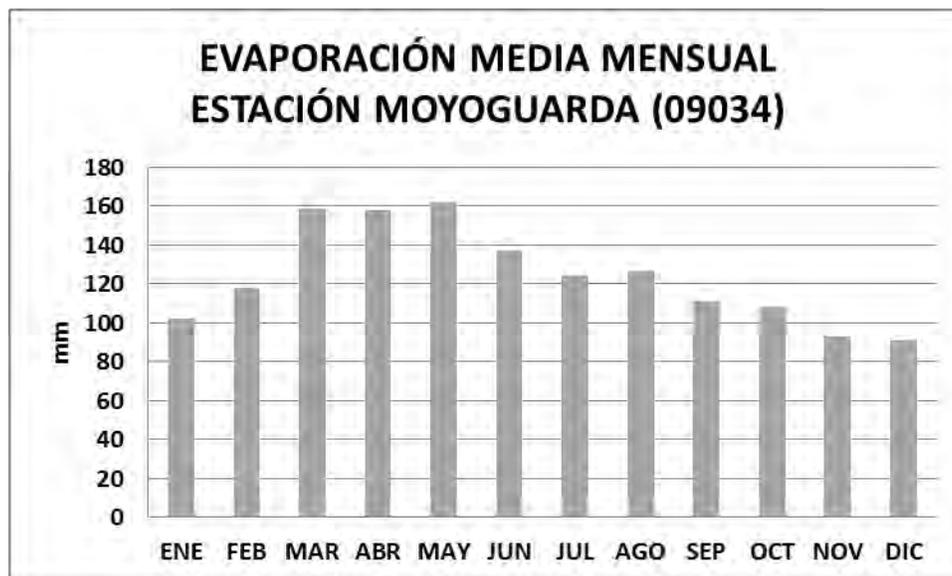


Figura 10. Evaporación media mensual de la zona de estudio.



Para cuerpos de agua con profundidades mayores a 1.20 m (Caso que aplica a los canales de Xochimilco) la evaporación potencial se estima cerca del 50% y con la ayuda de la clasificación de canales se obtiene una superficie total a 7, 118,636 m², con una evaporación media anual de 744.6 mm en cuerpos de agua, lo que provoca que el volumen evaporado medio anual tenga un valor de 5, 296,265 m³, y dicho volumen representado en días corresponde a 14,510 m³/día, lo que corresponde a un caudal de 167 L/s.

Con la cuantificación de canales y cuerpos de agua, se deberán incorporar los datos estimados de aguas residuales urbanas, que forman parte del sistema hidrológico de la zona de estudio.

En la figura 11 se muestra la red de drenaje urbano de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac, donde se destacan las zonas en las que no se cuenta con red de drenaje, por lo que se asume como zonas de descarga directa de drenaje hacia la zona lacustre.

En la figura 12 se muestran las zonas de drenaje, ubicando con color rojo a las zonas que no cuentan con drenaje, con color naranja aquellas zonas que cuentan con drenaje pero tienen descarga directa a la zona de canales y cuerpos de agua de la zona lacustre y por último, con color azul se representan las zonas que cuentan con drenaje pero envían sus descargas al sistema de aguas de drenaje del valle de México.



Facultad de Estudios Superiores Aragón El Sistema Lacustre de Xochimilco

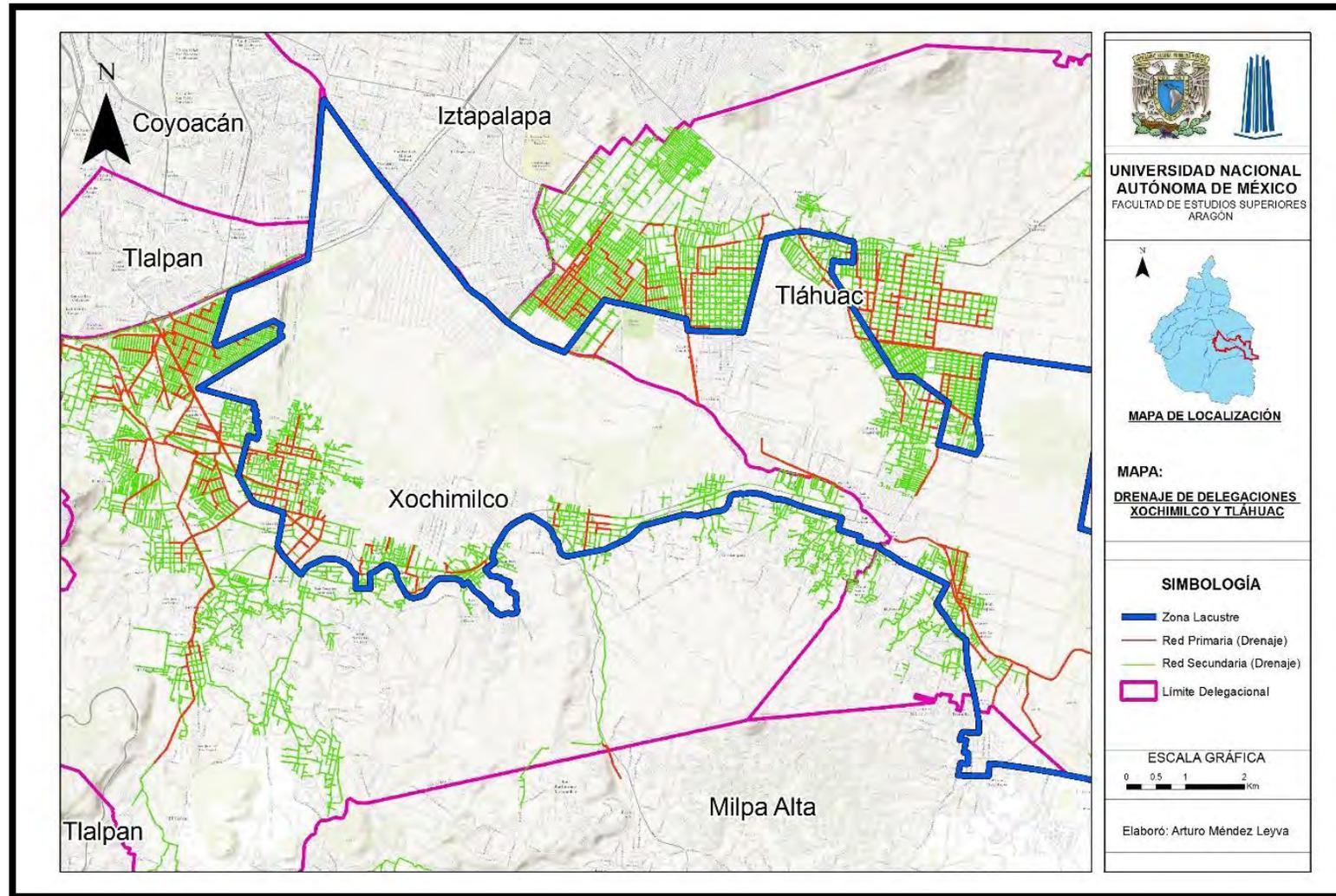


Figura 11. Mapa: Red de drenaje de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX



Facultad de Estudios Superiores Aragón El Sistema Lacustre de Xochimilco

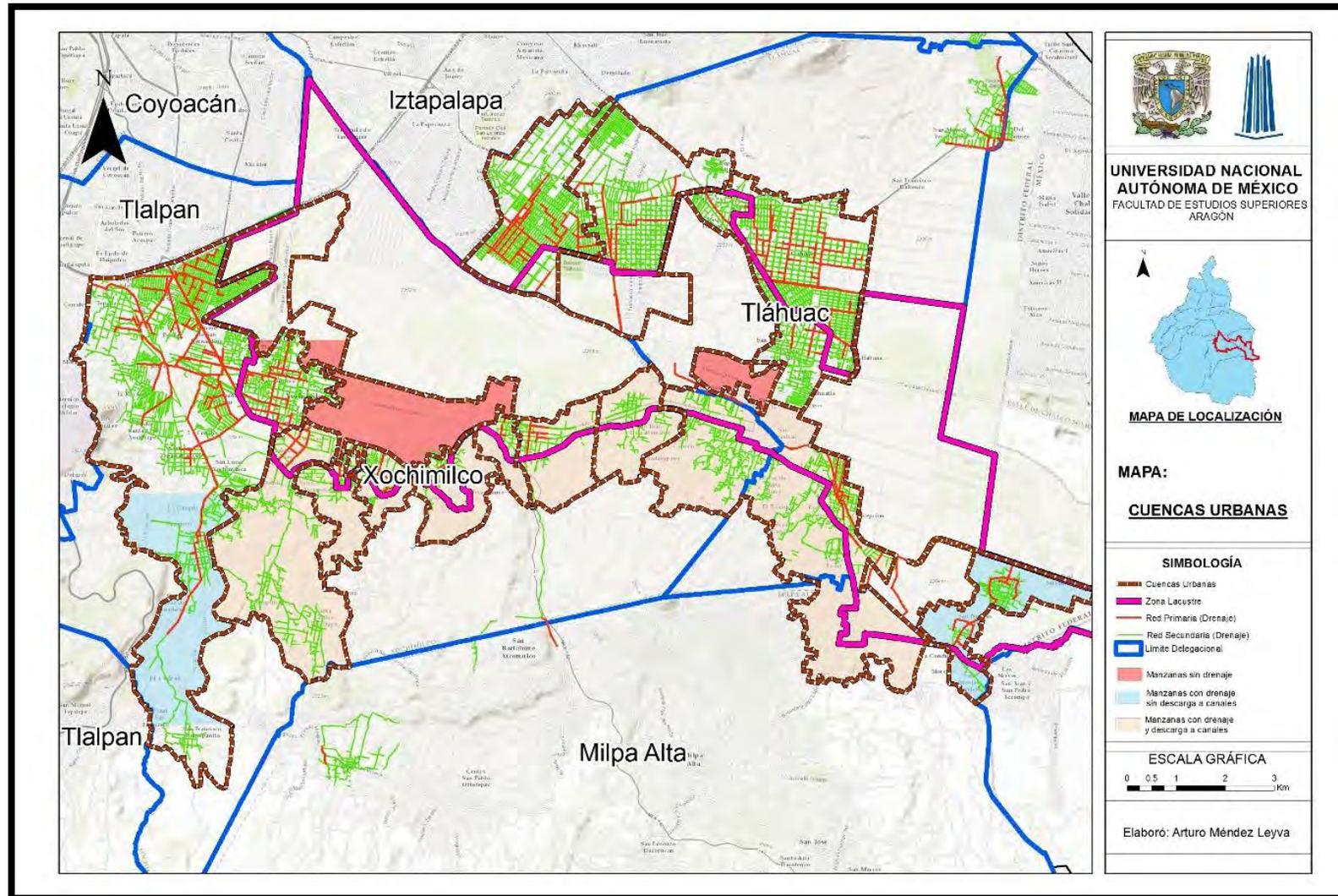


Figura 12. Mapa: Cuencas Urbanas. Elaboración propia.



Considerando una dotación de 90 L/hab/día y un coeficiente de descarga de 0.8, se tiene como resultado un volumen de 19, 799 m³ de agua residual cruda aportados diariamente a la zona lacustre, en la tabla 7 se muestran los datos estimados que generan las descargas locales en los canales y cuerpos de agua que forman la zona lacustre, según el tipo de red y su descarga.

Tabla 7. Datos de población y volúmenes de agua residual aportados al sistema lacustre.

NUM	DESCARGA	POBLACIÓN	DOT (L/hab/día)	VOL (m ³)	ZONA
1	LOCAL ZONA LACUSTRE	34043	90	2,451.096	SIN RED
2	CANAL SANTA CRUZ	44625	90	3213	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
3	CANAL SANTA CRUZ	18610	90	1,339.92	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
4	CANAL SANTA CRUZ	2109	90	151.848	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
5	CANAL SANTA CRUZ	916	90	65.952	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
6	CANAL SANTA CRUZ	11717	90	843.624	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
7	CANAL SANTA CRUZ	14903	90	1,073.016	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
8	CANAL APATLACO	9501	90	684.072	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
9	CANAL APATLACO	15907	90	1,145.304	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
10	CANAL APATLACO	14642	90	1,054.224	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
11	CANAL NACIONAL CHALCO-AMECA	108019	90	7,777.368	CON RED Y DESCARGA DIRECTA A CANALES
				19,799.424	



III.- HERRAMIENTAS DEL ANÁLISIS HIDRODINÁMICO EN EL CASO DE ESTUDIO

3.1 MODELO DE ELEVACIÓN

El modelo digital de elevación tiene como finalidad representar de manera visual y matemática de los valores de altura de una zona en específico con respecto al nivel medio del mar; de esta manera se pueden conocer las características topográficas de la zona de estudio. En la figura 13 se muestra el modelo de elevación digital de la zona lacustre de Xochimilco.

3.2 ESTRUCTURAS DE SECCIONAMIENTO, VISITAS, FICHAS Y MAPA DE UBICACIÓN

Las estructuras hidráulicas tienen como objetivo controlar el nivel del agua y la regulación de descargas, todo debido a diferentes propósitos, que van desde la irrigación, energía hidroeléctrica, conservación del agua, etc. Para lograr dicho objetivo existe una gran diversidad de estructuras hidráulicas de control, cada una es adecuada a distinta necesidad, éstas varían desde vertedores o compuertas utilizadas en ríos y canales, hasta obras de excedencia en grandes obras.

Dentro de la zona chinampera de Xochimilco encontramos las siguientes estructuras:

- Compuertas. Consiste en una placa móvil, plana o curva, que al levantarse permite graduar la altura del orificio que se va descubriendo, a la vez que controla la descarga producida. El orificio generalmente se hace entre el piso de un canal y el borde inferior de la compuerta, por lo que su ancho coincide con el del canal; en estas condiciones el flujo puede considerarse bidimensional.
- Vertedores. Es la estructura hidráulica donde una descarga de líquido se efectúa por encima de un muro o una placa y a superficie libre.
- Esclusas. Las esclusas constituyen una sección del canal y a su vez es cerrada por dos compuertas en sus extremos y donde el nivel del agua aumenta o disminuye mediante válvulas o aliviaderos hasta alcanzar el nivel de la parte más alta o más baja.

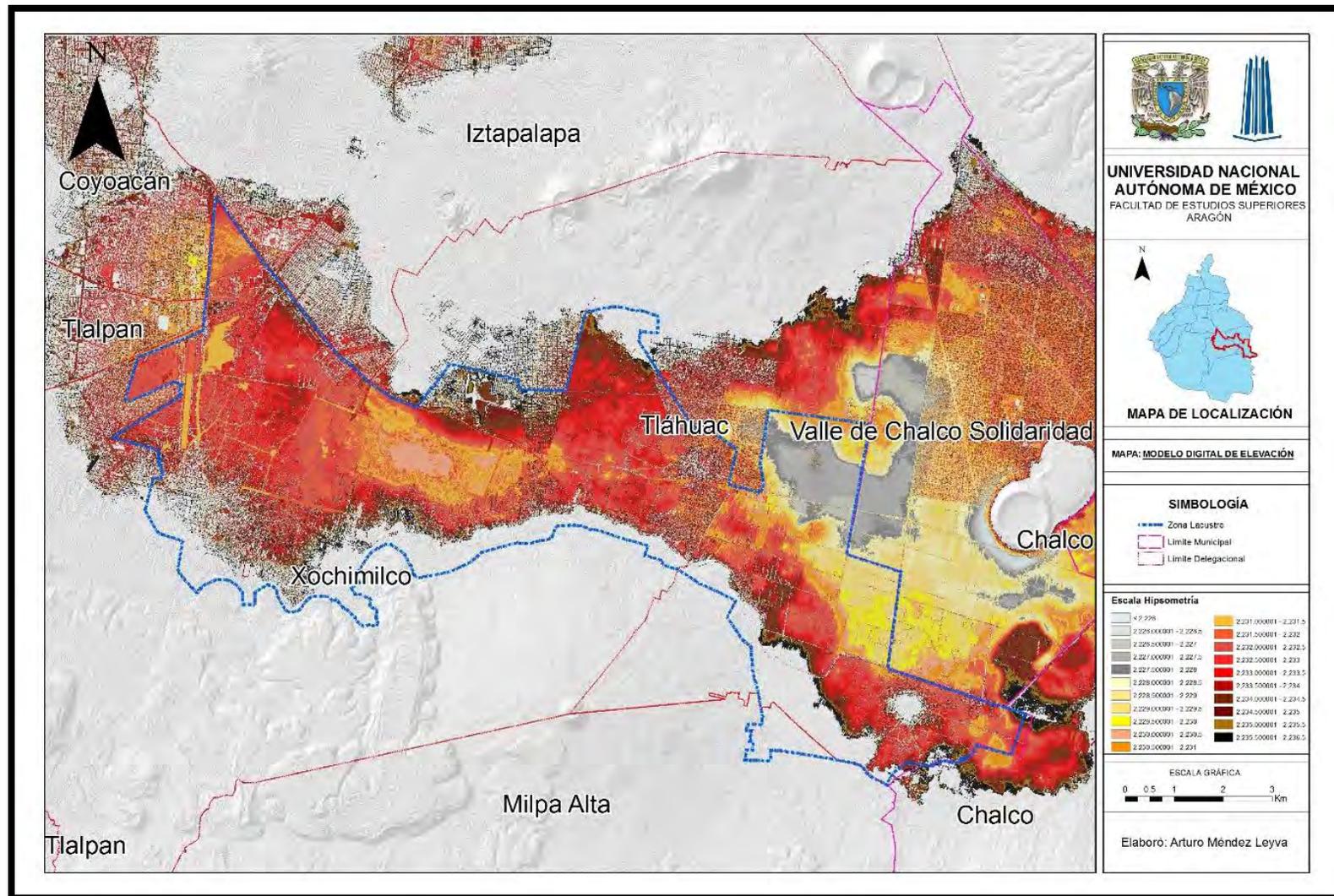


FIGURA 13. Mapa: Modelo Digital de Elevación. Fuente: Elaboración propia



Con la finalidad de entender el funcionamiento hidráulico de la zona chinampera de Xochimilco, durante los meses de abril a julio de 2014 se hicieron los reconocimientos correspondientes de dichas estructuras. En la figura 14 se muestra el formato de ficha a utilizar para la recopilación de información en de las estructuras hidráulicas y en la figura 15 se muestra la información obtenida de una compuerta. En el Anexo A se encuentran las fichas restantes.

**FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS
DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA-2014**

TIPO DE ESTRUCTURA	<input type="text"/>	FECHA:	<input type="text"/>
TOMA DE ART	<input type="text"/> T	HORA:	<input type="text"/>
COMPUERTA	<input type="text"/> C	RESPONS:	<input type="text"/>
ESCLUSA	<input type="text"/> E		
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="text"/> G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="text"/> P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM: X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTOS:

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

EN OPERACIÓN	SI	<input type="text"/>	NO	<input type="text"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="text"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="text"/>		
	MALO	<input type="text"/>		

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 14. Formato de ficha para recopilación de información de estructuras hidráulicas. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART

COMPUERTA

ESCLUSA

COMPUERTA CON GRÚA

PLANTA DE BOMBEO

	T
X	C1
	E
	G
	P

FECHA: 09/07/2014

HORA: 14:23

RESPONS:

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

CÓMO SE LLEGA:

X	99:05:15.91	Y	19:15:32.77
---	-------------	---	-------------

Sobre Av. Nuevo León en dirección a San Gregorio a la altura de la curva pasando el 5° callejón de Nuevo León

FOTO



EN OPERACIÓN

SI

X

NO

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)

REGULAR (OPERANDO)

MALO

X

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Compuerta de operación manual, cerrada al momento de la visita la cual cuenta con 2 manivelas para su funcionamiento. Se tomo medición del nivel de banquetta hasta el espejo de agua en la entrada como en la salida teniendo 1.39m y 1.42m respectivamente quedandonos un desnivel de 0.03m

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 15. Ficha descriptiva de compuerta 1. Elaboración propia.



La ubicación y la descripción de las estructuras hidráulicas que se encuentran dentro de la zona lacustre nos ayudan a conocer su funcionamiento de manera general; en total se ubicaron 8 esclusas, la mayoría fuera de servicio; 2 compuertas en funcionamiento; 1 planta de bombeo en operación; y una alcantarilla también en funcionamiento.

Entre los canales se presentan cambios de nivel en el terreno por lo cual son importantes las estructuras puesto que a través de ellas se logra la comunicación del agua que se encuentre aguas arriba y aguas abajo. En la figura 16 se muestra la ubicación de las respectivas estructuras.

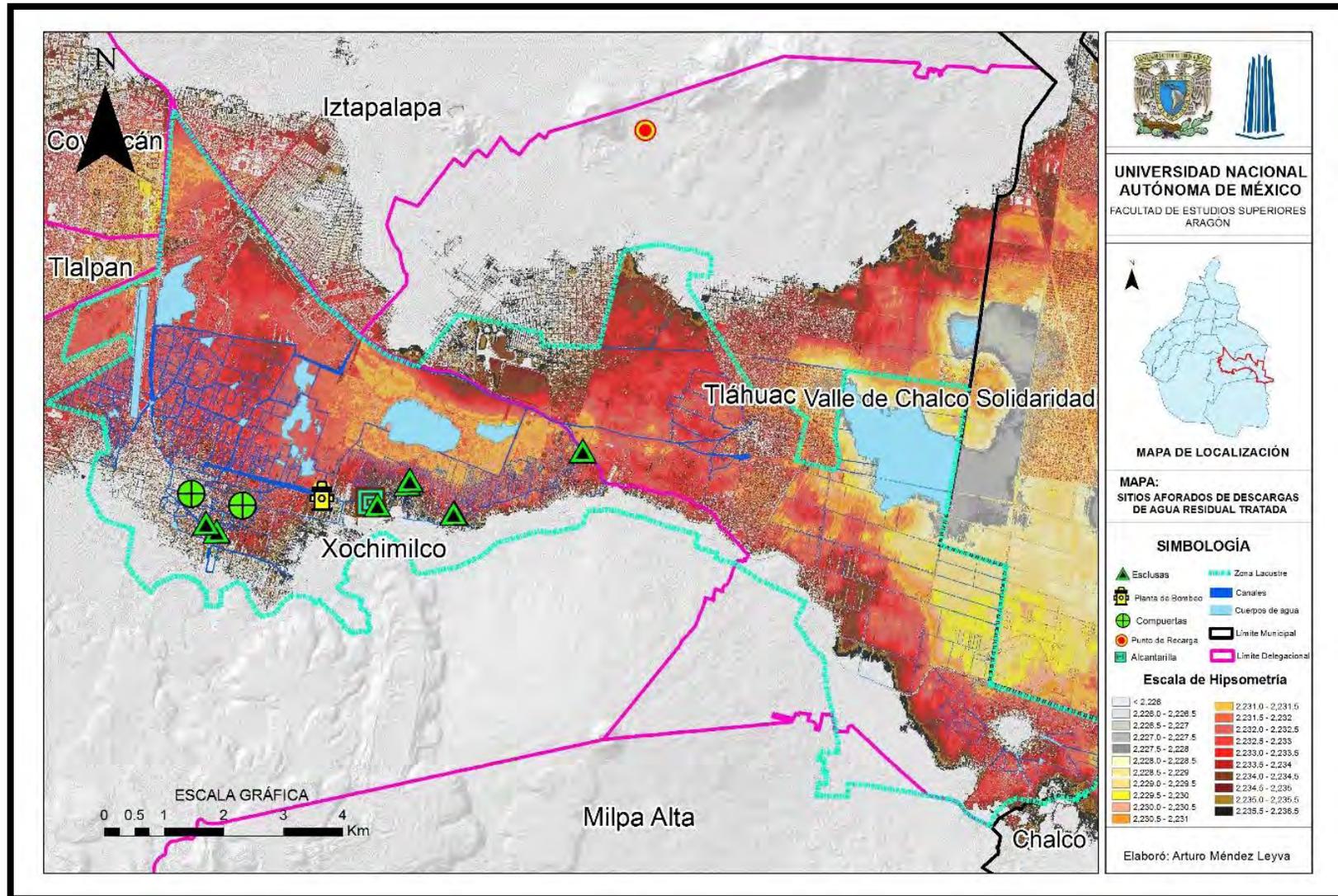


Figura 16. Mapa: Localización de Estructuras. Elaboración propia.

3.3 AFORO DE ESTRUCTURAS DE ENTREGA DE AGUA RESIDUAL TRATADA

Se procedió a aforar las estructuras de descarga de ART para actualizar los caudales proporcionados por el SACMEX.

Como bien se sabe hay distintos métodos de aforo, pero todos tienen la finalidad de medir un caudal. Para las descargas de agua residual tratada medimos directamente el volumen, para ello utilizamos un recipiente y medimos el tiempo que tarda en llenarse; hubo casos en donde utilizamos un caudalímetro PRIMAYER PrimeFlo-T.



Imagen 6. Caudalímetro PrimeFlo-T Primayer, por Arturo Méndez

El caudalímetro funciona con dos sensores ultrasónicos, los cuales se colocan en la parte externa de la tubería para generar y recibir impulsos de acuerdo a las ondas de sonido que viajan en la dirección del flujo de agua.



Imagen 7. Funcionamiento de caudalímetro Primayer PrimeFlo-T, por Arturo Méndez.

Los trabajos de aforo se efectuaron durante los meses de abril a junio del año de 2014, en total se localizaron quince sitios de descarga de ART; de igual manera que con las estructuras hidráulicas se realizaron fichas para recopilación de datos sobre el sitio de descarga. En la figura 17 se muestra una ficha con la información obtenida del sitio de descarga Atenco. En el Anexo B se muestra el resto de las fichas de las descargas de ART.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T11	FECHA:	<input type="text" value="04/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="10:45"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM: X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de agua tratada en un punto de control de concreto dimensiones no definidas, el cual cuenta con dos salidas por tuberías de PVC de 4" de diámetro, en una de ellas el flujo era mínimo y se presenta un caudal medio de 8 l/s (caudalímetro Primayer), también se observa desbordamiento por las paredes de la estructura de descarga.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 17. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Atenco. En esta descarga se hizo uso del caudalímetro Primayer PrimeFlo-T. El gasto que desborda por la estructura se estima en 32 L/s. Elaboración propia.



Con los datos obtenidos en campo se hace la comparativa entre los gastos medidos y los proporcionados por el SACMEX, en la tabla 8 se puede observar la comparación, también se presenta la gráfica (Figura 18) correspondiente a dicha tabla, cabe mencionar que estos datos corresponden a fechas diferentes (entre mayo y julio de 2014) y no necesariamente corresponde a un gasto muy bajo, para los casos donde el caudal registrado es igual a cero es debido que al momento de hacer la visita al sitio de descarga éste se encontraba fuera de operación.

Tabla 8. Gastos de Agua Residual Tratada enviada a Xochimilco. Datos de SACMEX y datos obtenidos en campo.

N°	NOMBRE DEL SITIO	GASTO SACMEX (l/s)	GASTO AFORADO (l/s)
1	PARQUE ECOLÓGICO	150	0
2	LA DRAGA	50	60
3	FERNANDO CELADA	60	7.98
4	LOS GALEANA	0	0
5	CANAL 27 (EMBARCADEROS ZACAPA)	300	61.7
6	CANAL CALTONGO	0	0
7	CANAL CALTONGO (ESCLUSA)	180	0
8	CANAL CALTONGO (MERCADO)	20	2.64
9	FLORICULTOR	30	1.9
10	MÉXICO 70	5	0
11	ATENCO	30	32
12	LA FÁBRICA	10	1.49
13	MOCTEZUMA	40	10
14	JOSEFA ORTIZ	N/A	22
15	PUENTE DE URRUTIA	N/A	0
	SUMA	875	191.75

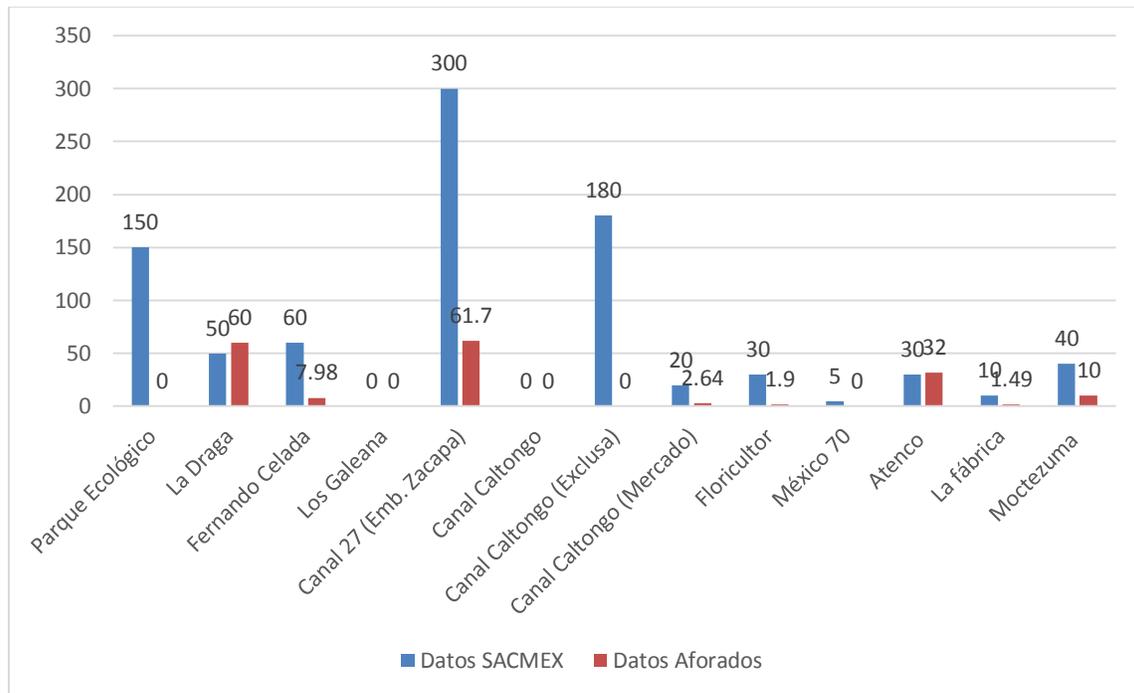


Figura 18. Gráfica de comparación de caudales. Elaboración propia.

En la figura 19 se representan los sitios aforados con sus respectivos nombres, así como también los gastos oficiales y los obtenidos en campo.

Haciendo la comparación de gastos se puede observar que hay una gran diferencia entre los datos oficiales del SACMEX y los que se obtuvieron en campo, del 100% que manejan como información oficial sólo se aforó un caudal que corresponde al 22% del total. Cabe mencionar que los aforos se hicieron en distintas fechas y no corresponden a un mismo día.

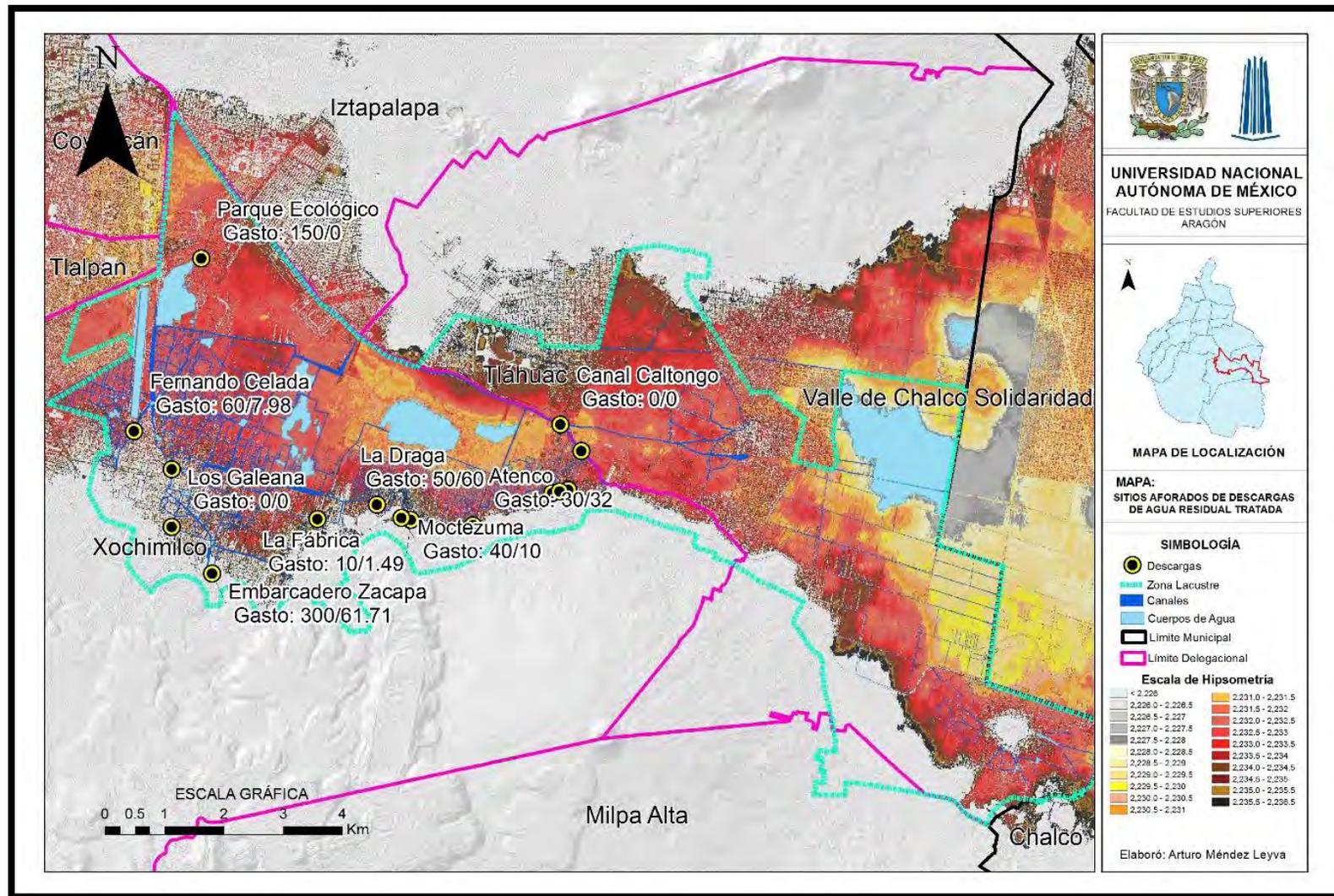


Figura 19. Mapa: Sitios aforados de descarga de Agua Residual Tratada. Elaboración propia con información de SACMEX.



3.4 ZONIFICACIÓN ESPACIAL POR COTAS Y ESTRUCTURAS

La zonificación espacial consiste en la partición imaginaria de un espacio geográfico en varias zonas a través de un grupo de características. Para este caso se tomó en cuenta las cotas topográficas y con base en la cota media de cada zona se seleccionó el rango, en la figura 20 se representan las 5 zonas que fueron trazadas para la zonificación.

Para lograr dicha zonificación sólo se consideraron las cotas menores a 2,236 m y en la tabla 9 se muestran las cotas máximas y mínimas de cada zona así como la superficie total y la que corresponde a los canales de dichas zonificaciones.

Tabla 9. Características de Zonificación. Elaboración propia.

ZONA	SUP. TOTAL (m ²)	SUP. CANALES (m ²)	COTA MAYOR (m)	COTA MEDIA (m)	COTA MENOR (m)
1	2,072,745.33	203,905.47	2,233.5	2,233	2,232.5
2	2,107,243.26	183,449.14	2,233	2,232	2,231
3	12,391,291.55	2,319,631.00	2,233	2,231.5	2,231
4	4,790,028.83	901,596.95	2,234	2,230	2,229
5	2,584,525.30	307,779.01	2,233.5	2,233	2,231

Las cotas medias van desde 2,230 m a 2,233 m, hay una diferencia de 3 m entre la zona de mayor a menor elevación y esto se logra gracias a las esclusas y las compuertas. La mayoría de las estructuras hidráulicas se ubican dentro de la zona de canales 1 y 2, puesto que el agua fluye de sur a norte. En la figura 21 se muestra la zonificación con ubicación de estructuras y a su vez se indica el desnivel.

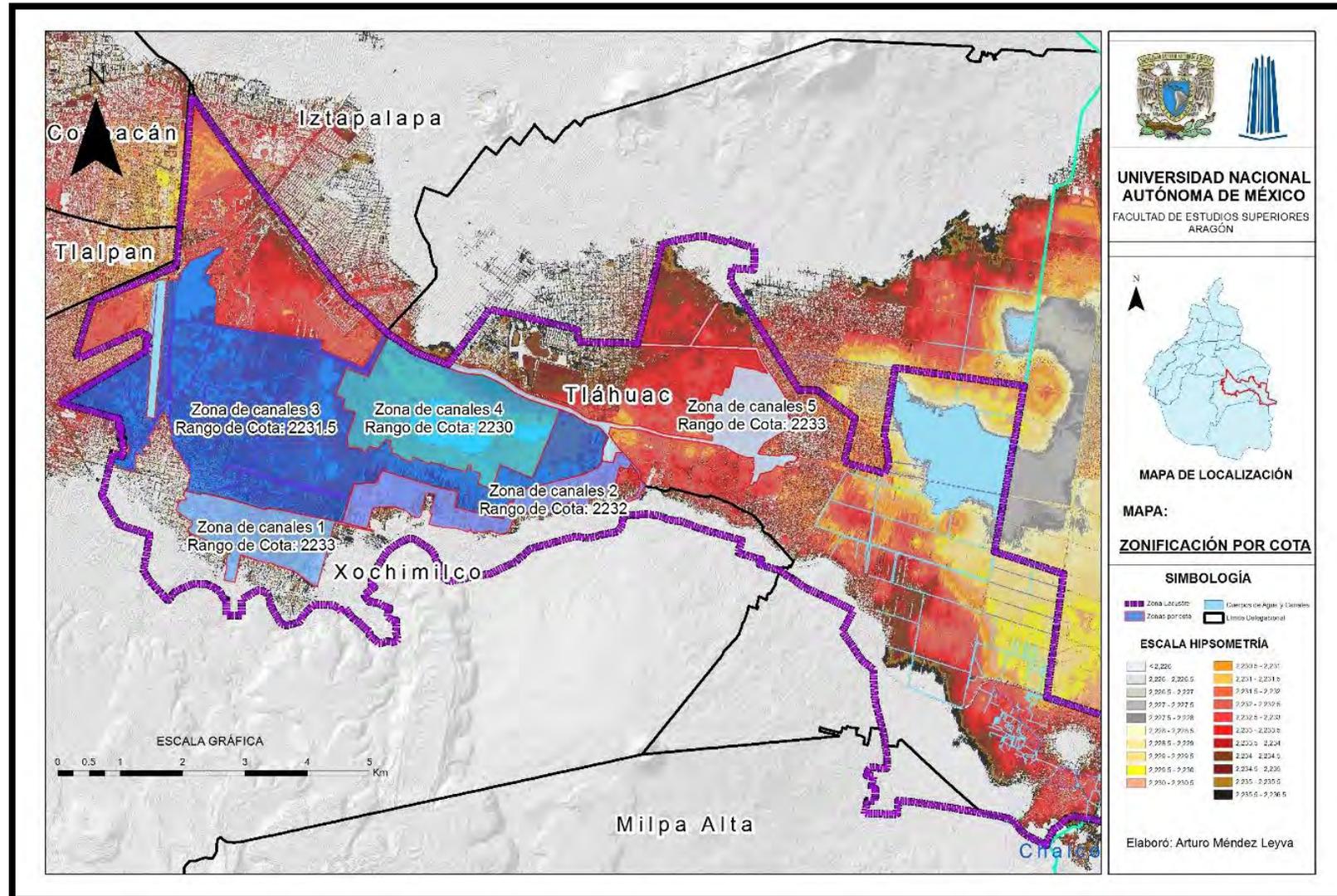


Figura 20. Mapa: Zonificación por cota. Elaboración propia.

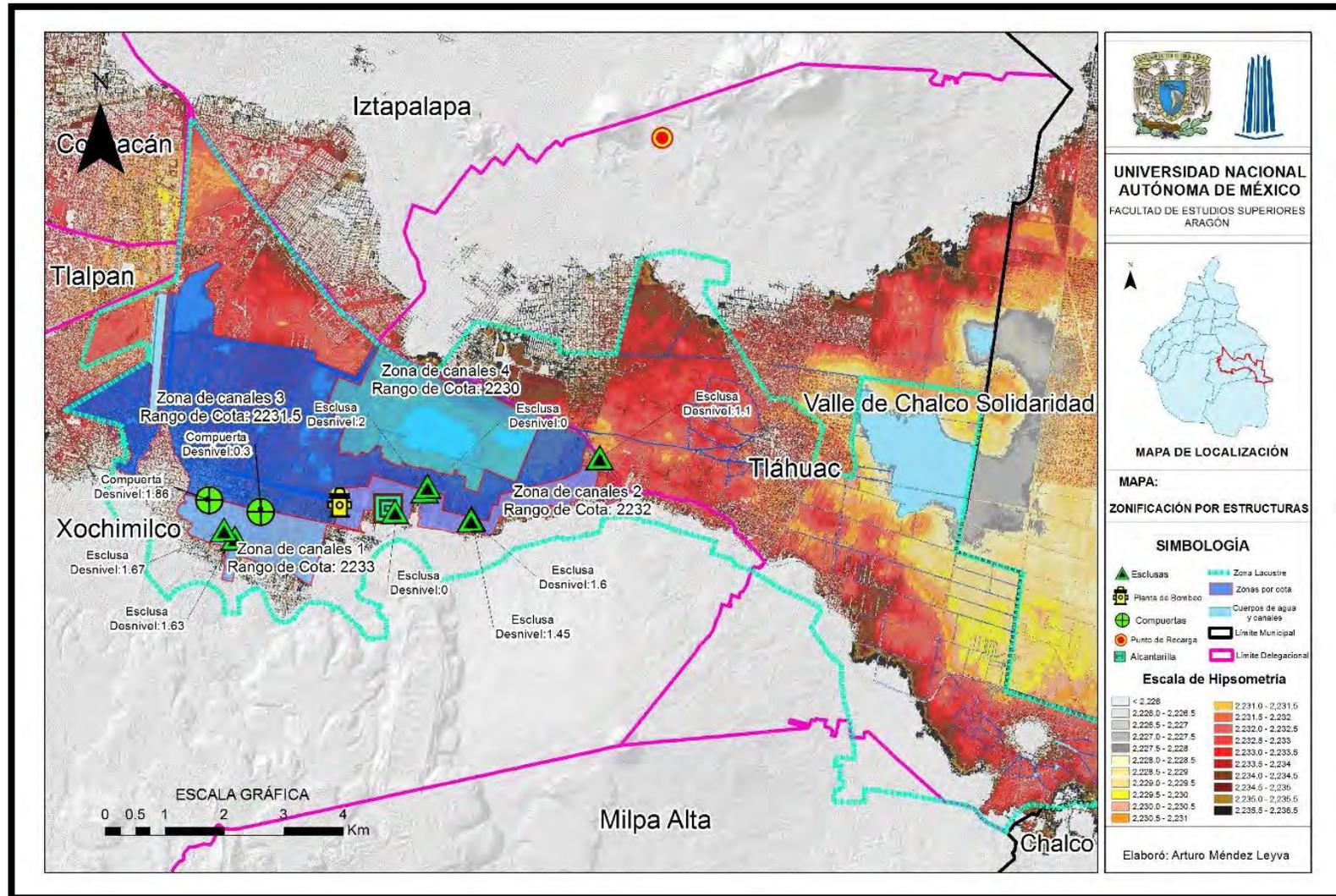


Figura 21. Mapa: Zonificación con estructuras. Elaboración propia.



3.5 MALLA PARA MODELACIÓN HIDRODINÁMICA

Para lograr una correcta modelación hidrodinámica de la zona de estudio se generó una malla numérica bastante detallada, dicha malla comprende la aproximación numérica de elevaciones y profundidades de la zona de canales 3, se eligió esta zona porque es la de mayor magnitud y comprende mayor cantidad de canales.

La elaboración de la malla se logró con asimilación de información de elevación con resolución y estos datos se obtuvieron de LIDAR de INEGI (figura 22), y se procesó en celdas de 5 m por 5 m (figura 23).

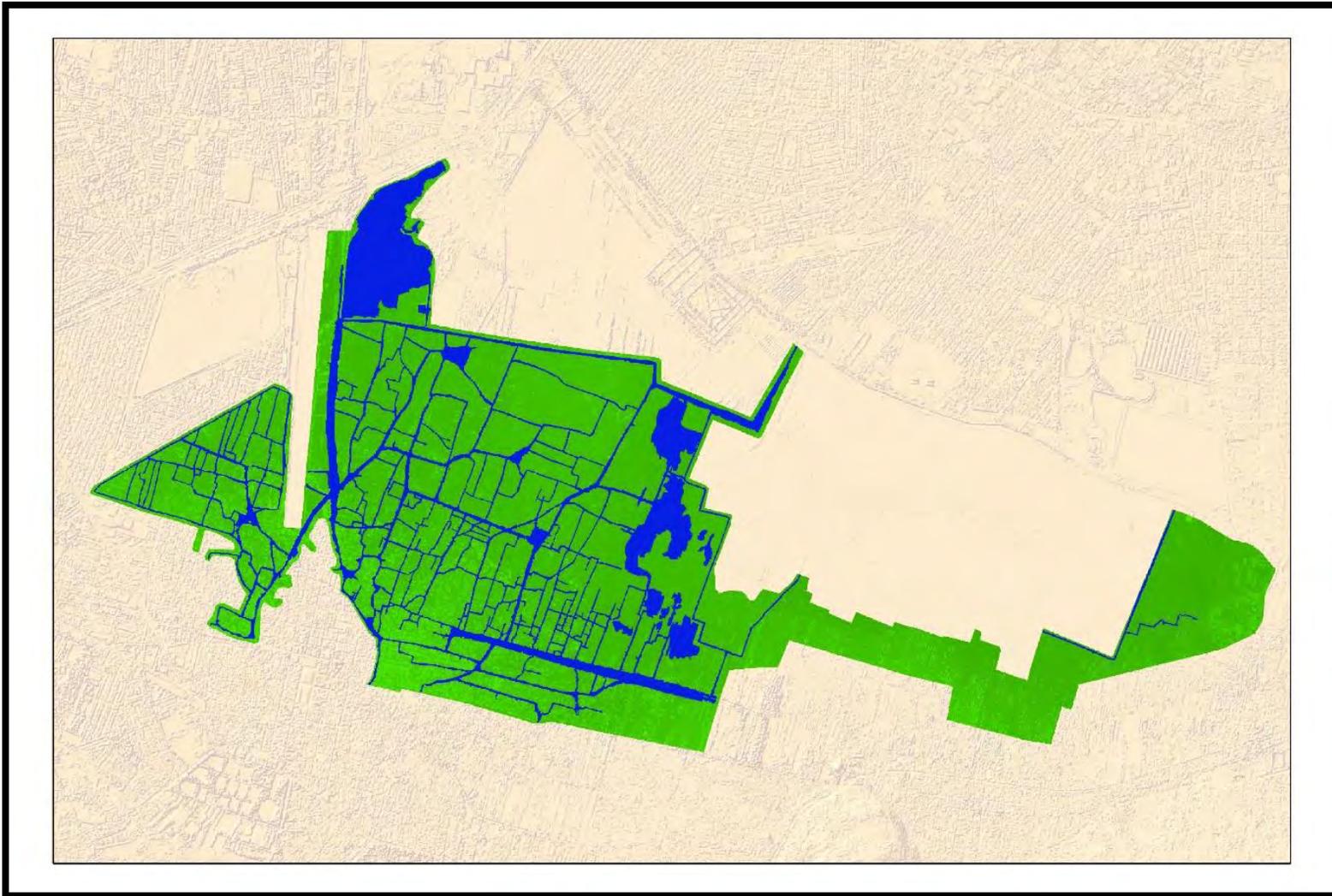


Figura 22. LIDAR de la zona 3 para análisis hidrodinámico. Elaboración propia con información de INEGI.

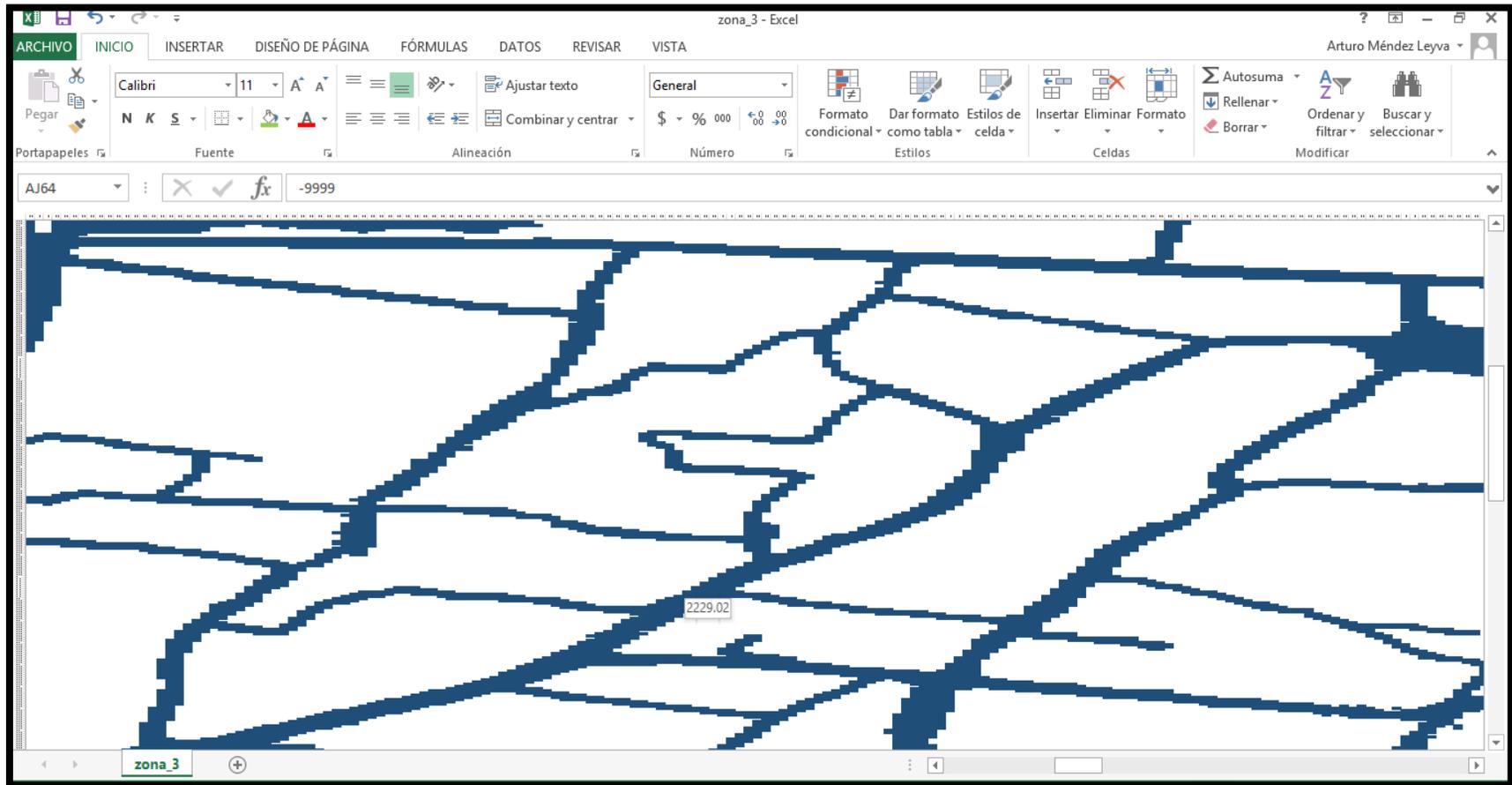


Figura 23. Malla numérica de 5 x 5 visualizada en Excel. Elaboración propia.



3.6 APLICACIÓN DEL MODELO IBER PARA ESTIMAR VELOCIDADES DE FLUJO

Este subcapítulo pretende mostrar el marco teórico en el que se describe el modelo utilizado para este trabajo de investigación, además de presentar los resultados obtenidos para las velocidades de flujo en la zona lacustre de Xochimilco.

En esta tesis se utilizará un modelo para simulaciones numéricas llamado Iber desarrollado por el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de A Coruña, UDC) y el Instituto FLUMEN (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC, y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE).

Iber, es un software que permite simulaciones bidimensionales resolviendo las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones, dichas ecuaciones describen el movimiento del agua a superficie libre. Las ecuaciones son resueltas por el método de volúmenes finitos.

El primer paso en la modelación matemática en Iber consiste en asimilar la información de la malla numérica que ya se explicó con anterioridad la manera en que se elaboró. Una vez procesada la malla es necesario establecer las condiciones para modelación. Para la ejecución de cálculos en el modelo se consideró que la superficie de la cuenca se encontraba seca (sin profundidad ni velocidad de agua) y totalmente plana.

La modelación está planteada para un tiempo de 48 horas y para las condiciones iniciales se asignó una cota de agua a todo el modelo la cual corresponde a 2230.5 msnm y esta es la que rige en las salidas de agua dentro del modelo. Las condiciones de contorno de entrada corresponden a las descargas de agua residual tratada, dentro de la zona a modelar ubicamos 3 entradas que corresponden a los sitios de: Parque Ecológico (150 L/s), La Draga (60 L/s), y el sitio ubicado en la calle Josefa Ortiz de Domínguez (22 L/s), los caudales corresponden a la información obtenida en los trabajos de campo. Las condiciones de contorno de salida se presentan bajo condiciones tipo vertedor con un nivel dado de 2230.5 msnm. Se plantearon dos salidas. Para la rugosidad se estableció un coeficiente de fricción de Manning de 0.035. En la figura 24 se pueden visualizar algunas de las características mencionadas anteriormente.

Posteriormente para el cálculo en este caso se generó una malla estructurada de la superficie, al final del cálculo se procede al postproceso para poder analizar y visualizar los resultados arrojados para la modelación.

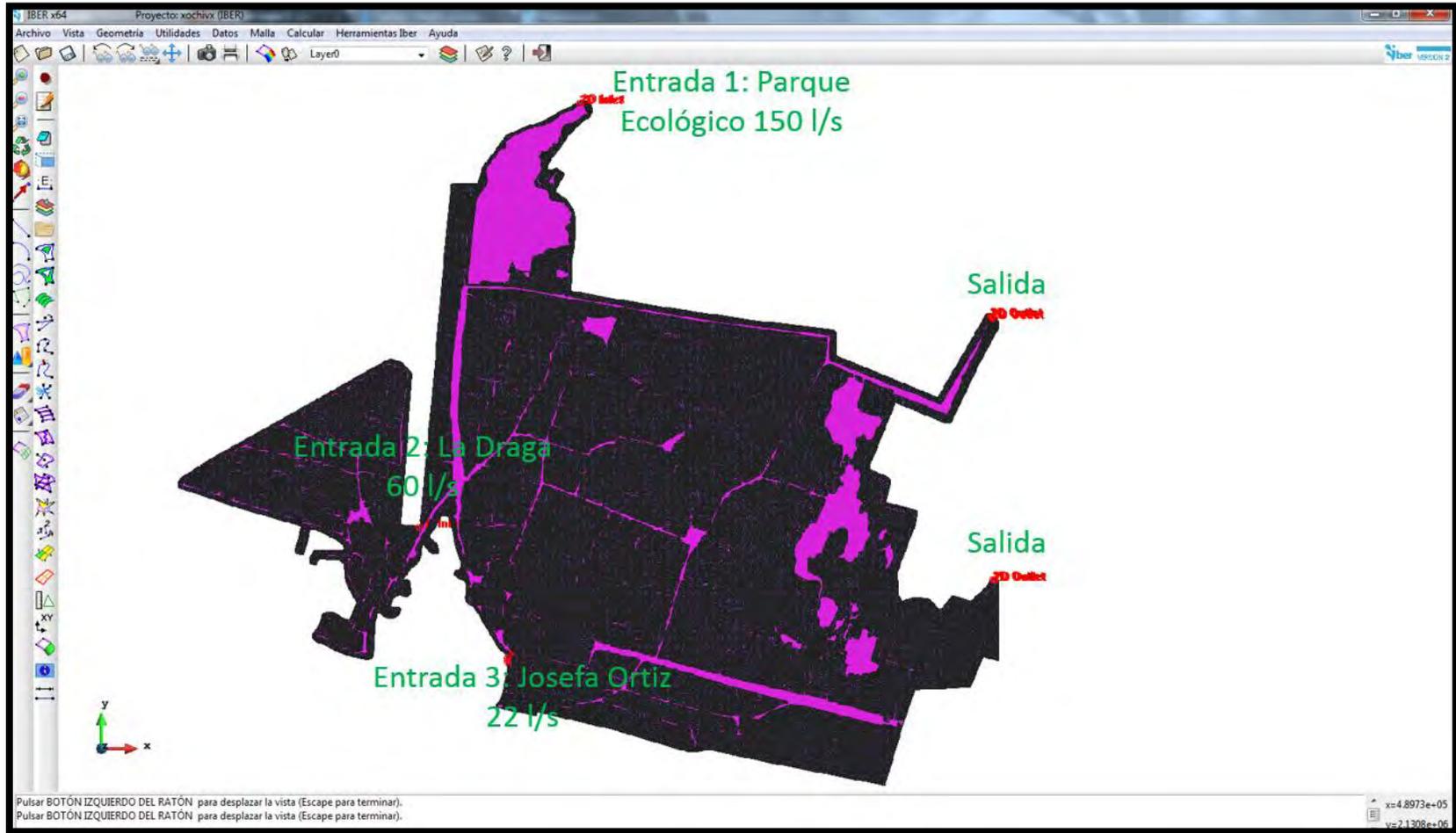


Figura 24. Condiciones para modelación en Iber. Elaboración propia.



Los resultados arrojados indican que las velocidades son mínimas para el sistema de canales de Xochimilco, se puede apreciar mayor velocidad de flujo en los sitios de descarga y conforme el flujo avanza las velocidades disminuyen drásticamente, en la figura 25 se presentan los resultados obtenidos para la velocidad del agua en el sistema lacustre, dichas velocidades van desde 0.00105 m/s hasta 0.02 m/s y Con la finalidad de tener una mejor visualización de los resultados, en la figura 26 se presentan las velocidades sobre una ortofoto de la zona de estudio.

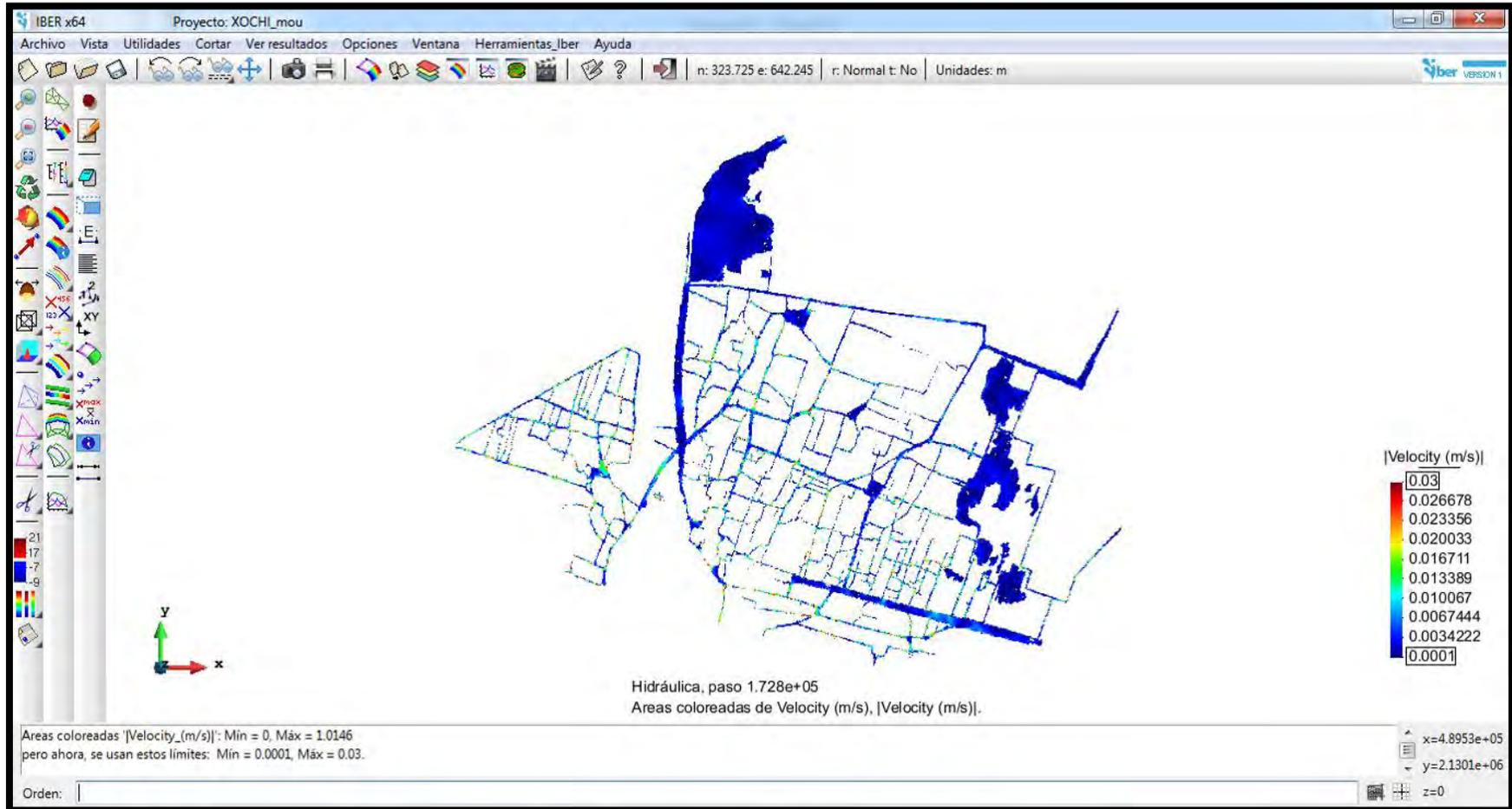


Figura 25. Resultados de velocidad en modelación hidrodinámica. Elaboración propia.



Figura 26. Resultados de velocidad en modelación hidrodinámica sobre Ortofoto. Elaboración propia.



3.7 DESARROLLO DE INDICADOR SIMPLE ASOCIADO A CALIDAD

Objetivo: Determinar la calidad del agua en base al tiempo de residencia dentro del sistema lacustre de Xochimilco.

Cálculo: El indicador de calidad de residencia de agua es el tiempo promedio en que se tardaría el flujo en cruzar un cierto volumen o una determinada distancia. Para obtener el resultado para el indicador, es necesario tener un sistema balanceado, es decir se necesita que el caudal de entrada sea igual al de salida, para este caso el caudal de salida no es igual al de salida, por lo que para realizar el cálculo utilizaremos la velocidad media (obtenida de la modelación en Iber) y la longitud de los canales del sistema lacustre de Xochimilco. La fórmula a utilizar para definir el tiempo de residencia es la siguiente:

$$Tr = \frac{L}{v}$$

Donde:

Tr = Tiempo de residencia (días)

L = Longitud (m)

v = Velocidad media (m/s)

Los datos a utilizar corresponden a los siguientes:

Velocidad: Los resultados de velocidad se obtuvieron a través de la modelación en Iber y la velocidad mínima corresponde a 0.001 m/s y la máxima a 0.02 m/s, por lo tanto la velocidad media corresponde a 0.0105 m/s.

Longitud: Para lograr un estimado de longitud en la longitud de los canales, se trazó un eje al centro de los canales y esta corresponde a 84, 210.19 m. A continuación se presenta el desarrollo del cálculo del tiempo de residencia.

$$Tr = \frac{L}{v} \dots\dots\dots Ec. 2$$

$$Tr = \frac{84210.19 \text{ m}}{0.0105 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 8020018.095 \text{ s}$$

$$Tr = 8,020,018.095 \text{ s} = 2,227.78 \text{ hrs} = 92.82 \text{ días} \approx 93 \text{ días}$$



Resultado: El tiempo de residencia del agua dentro de los canales del sistema lacustre de Xochimilco corresponde a 8,020, 018.095 s, lo que equivale a 93 días.

A continuación se presentan los tiempos de residencia para los distintos tipos de cuerpos de agua:

Tabla 10. Tiempo de residencia en cuerpos de Agua. Fuente: Meteorología y Climatología de Juan C. Guerra García

Cuerpo de Agua	Tiempo de residencia
Atmósfera	9 – 10 días
Ríos y canales	12 – 20 días
Lagos	1 – 100 años
Acuíferos subterráneos	300 años
Océanos	3, 000 años

De acuerdo a los tiempos de residencia manejados oficialmente, para ríos y canales este parámetro varía entre 12 a 20 días por lo que el obtenido para el caso de estudio es mayor al que debería ser de acuerdo al tipo de cuerpo de agua.



IV.- CONCLUSIONES

El objetivo general de este trabajo era determinar, a partir de un indicador simple, con el apoyo de herramientas de modelación numérica hidrodinámica, la calidad del agua en la Zona Lacustre de Xochimilco. Para ello se realizaron diferentes actividades:

- Recopilación de información en trabajos de campo
- Construcción de modelo numérico en un software de modelación hidrodinámica para estudiar el comportamiento de las velocidades en la zona de estudio

Es evidente que la zona lacustre de Xochimilco se encuentra en decadencia y, a pesar de muchos planes que se han hecho para su rescate, no se han obtenido los resultados que se esperarían. Los problemas existentes son muchos, sin embargo, uno de los más importantes tiene que ver con la calidad del agua que alimenta a los canales. Cabe mencionar que es agua residual tratada proveniente de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual San Lorenzo, San Luis Tlaxialtemalco y Cerro de la Estrella; según datos oficiales del SACMEX, el caudal aportado es de 875 l/s, lo que equivale a 75, 600 m³/día.

Durante los trabajos de campo se observó que los caudales de entrada a los canales, no corresponden a los reportados por el SACMEX, pues durante el trabajo de campo se obtuvo un gasto de 191.75 L/s, que no representa ni la cuarta parte de los datos que se manejan de manera oficial; con éstos datos se calcularon las velocidades que se alcanzan en el sistema lacustre para determinar el indicador de calidad del tiempo de residencia.

Para tener un tiempo de residencia adecuado, el caudal de entrada debería ser igual al de salida y de acuerdo a los resultados obtenidos, el flujo no sale de los canales, el agua de ingreso es muy poca, la pendiente es muy suave y en consecuencia las velocidades son muy bajas –casi nulas- esto conduce a que el tiempo de residencia sea de aproximadamente 93 días, cuando debería ser, para tener una buena hidrodinámica, de 12 a 20 días; en **conclusión ‘la renovación’ del agua en el sistema lacustre, no es la adecuada.**

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo y agradecimientos son para todas aquellas personas que han colaborado a ser lo que soy en el presente.

En primer lugar agradezco infinitamente a mi madre Valeria Leyva Solano, por su apoyo incondicional y por alentarme con tus consejos para poder ejecutar esta parte del proyecto de mi vida, por enseñarme a no rendirme nunca.

A mi padre por estar aún conmigo.

A mis hermanas Karla y Estefania, mi hermano Erick, porque sin ustedes la vida en casa simplemente sería aburrida, gracias por cuidarme y siempre hacerme reír, ¡Los amo!

A Yosajandi, por enseñarme que la lectura es la mejor manera de hacer crecer el alma, simplemente no me alcanzan las palabras para describir todo lo que significas en mi vida, gracias por existir.

A mi maestro Martín, por brindarme la confianza que nos ha vuelto amigos, gracias.

A Omar (carnes), por ser más que mi amigo, gracias por ser mi hermano, porque sin tus regaños terminar la carrera hubiera sido más difícil.

A Juan Ansberto, por abrirme las puertas en el instituto de ingeniería y por las enseñanzas.

A mis amigos Maycu, Miriam, Capi, Washa, que siempre hicieron que las clases en la facultad fueran un agasajo.

A la office de la gloriosa prepa 7, Divanny, Karla, Cecilia, Angelina, Enrique, Miguel, Ángel, Lucas, Luis, Isaac.

A mis ángeles, a todas esas noches de desvelo llenas de Jack, cerveza, ingeniería, soledad, alegría y cosas volubles y locas como el amor.



REFERENCIAS

Sotelo, G., (2009), *Hidráulica General 1: Fundamentos*, México, Editorial Limusa.

Sotelo, G., (2001), *Hidráulica de Canales*, México, Editorial UNAM.

Martín-Vide, J. P., (2002), *"Ingeniería de ríos"*, Ediciones UPC.

Universidad Autónoma de Zacatecas, (2007), *Revista Digital de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Deducción de la ecuación dinámica del flujo gradualmente variado a partir de las ecuaciones Saint-Venant*, México, UAZ.

Guerra, V. H., *HEC-RAS Sistema de Análisis Ríos: Apuntes del curso HEC-Ras*, México, Editorial UANL.

Beltrán, J. M., (1995), *Indicadores de Gestión: Herramientas para lograr la competitividad*, (2ª ed.), México, Editorial 3R Editores.

CORENA, (2002), *Plan de Manejo Ejidos de Xochimilco San Gregorio Atlapulco*, México.

Gobierno del Distrito Federal, Gaceta Oficial, (2006), *Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del área natural protegida con carácter de zona de conservación ecológica "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco"*, México.

Gobierno del Distrito Federal, (2012), *Libros Blancos: Xochimilco*, México.

Gobierno del Distrito Federal, (2000), *Plan de Acciones Hidráulicas 2001-2005*, México.

Programa Universitario del Medio Ambiente, (2014), *Análisis del estado de la conservación ecológica del sistema lacustre chinampero de la superficie reconocida por la UNESCO como sitio patrimonio de la humanidad en Xochimilco-Tláhuac-Milpa Alta*, México.

Comisión Nacional del Agua, (2013), *Manual de Indicadores de Gestión para el Programa de Seguimiento de Indicadores de Gestión para el Cumplimiento de Meta de Eficiencia Global*, México.



CONSULTA EN INTERNET

SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales. Manual del Usuario
http://www.instaqua.upv.es/swmm/descargas/Manual_SWMM5vE.pdf

Modelando el mundo del agua. Catálogo de software 2011
<http://mike.dhi.es/MIKEbyDHISoftwareCatalogue2011ES.pdf>

Manual Básico Usuario Iber.
ftp://ceres.udc.es/ITS_Caminos/2_Ciclo/Obras_hidraulicas/Curso%202012-2013/Hidraulica%20Fluvial/Iber/Manual_Basico_Usuario_Iber.pdf

Análisis de amenaza por inundación en área urbana empleando modelos hidrodinámicos y herramientas sig.
<http://inta.gob.ar/documentos/analisis-de-amenaza-por-inundacion-en-area-urbana-empleando-modelos-hidrodinamicos-y-herramientas-sig/>

Modelos Digitales de Elevación.
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>

Indicadores de desempeño.
<http://www.worldbank.org/transport/transportresults/program/peru-03-07/peru-final-report-s.pdf>



ANEXO A



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA:	09/07/2014
COMPUERTA	<input checked="" type="checkbox"/>	C1	HORA:	14:23
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR: _____

UBICACIÓN UTM
X: 99:05:15.91 Y: 19:15:32.77

CÓMO SE LLEGA: Sobre Av. Nuevo León en dirección a San Gregorio a la altura de la curva pasando el 5° callejón de Nuevo León

FOTO

EN OPERACIÓN SI NO

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
MALO	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Compuerta de operación manual, cerrada al momento de la visita la cual cuenta con 2 manivelas para su funcionamiento. Se tomo medición del nivel de banqueta hasta el espejo de agua en la entrada como en la salida teniendo 1.39m y 1.42m respectivamente quedandonos un desnivel de 0.03m

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 13. Ficha descriptiva de compuerta 1. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA:	<input type="text" value="09/07/2014"/>
COMPUERTA	<input checked="" type="checkbox"/>	C2	HORA:	<input type="text" value="14:50"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	<input type="text" value="99:05:45.40"/>	Y	<input type="text" value="19:15:39.12"/>
---	--	---	--

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
MALO	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Vertedor de control rectangular con compuerta deslizable en donde también se encuentra un grúa mecánica para traslado, en el cual se tomaron medidas del nivel de banqueta al espejo de agua de ambos lados de la pared donde descansa la plataforma de la grúa con las cuales son de 3.05m en la parte donde el flujo se encuentra bajo y de 1.19 del lado del embarcadero.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 14. Ficha descriptiva de grúa con compuerta 1. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA:	<input type="text" value="11/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="12:30"/>
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E1	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM
X Y

CÓMO SE LLEGA:
Se llega por Av. Nuevo León esquina con La Huerta en dirección a Tláhuac, se continúa hasta llegar al canal y se camina hacia el este 250 m aproximadamente.

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

La esclusa cuenta con compuertas rectangulares de operación manual en donde se observa que no existe operación ya que el cable esta roto y ambas compuertas se encuentran abiertas.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 15. Ficha descriptiva de esclusa 1. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA:	02/07/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	12:55
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E2	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR: La brecha

UBICACIÓN UTM X 99:20:00.34 Y 19:16:02.56

CÓMO SE LLEGA: Al fondo de Canal de Chalco se llega al termino de la laguna San Lorenzo y se continua por el camino donde se encuentran los invernaderos aproximadamente 600m

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	X	
	MALO	<input type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

La esclusa cuenta con compuertas rectangulares de operación manual en donde se observa que no existe operación ya que el cable de una de las compuertas esta roto. El nivel sobre la escala se encuentra en -0.60 mientras q aguas abajo es de -1.70

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 16. Ficha descriptiva esclusa 2. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLAHUAC-MILPAALTA- 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA:	11/07/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	15:23
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	99:03:00.63	Y	19:15:28.42
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	MALO	<input checked="" type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Esclusa automática fuera de operación en la cual se encuentra una de sus compuertas cerradas e impide el paso del agua al momento de la visita se tomaron medidas de la losa al espejo de agua las cuales son 1.2m aguas arriba y de 2.8 aguas abajo, dándonos un desnivel de 1.6m.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 17. Ficha descriptiva esclusa 3. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS
DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA- 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input type="checkbox"/>	T
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E7
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P

FECHA:	11/07/2014
HORA:	14:55
RESPONS:	

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	99:03:14.35	Y	19:15:29.12
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA:

FOTO



EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Esclusa fuera de servicio que presenta las compuertas cerradas en la cual se tienen medidas de 1.15m aguas arriba y de 2.6m aguas abajo con respecto al nivel de la losa al espejo de agua dándonos un desnivel de 1.45m al momento de la visita, presenta tirantes de agua de 1.20m aguas arriba y de 0.56m aguas abajo.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 18. Ficha descriptiva esclusa 4. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input type="checkbox"/>	T
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E6
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P

FECHA: 11/07/2014
HORA: 13:10
RESPONS:

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	99:03:39.78	Y	19:15:46.63
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA:

Se llega por Av. Chapultepec en dirección a Tláhuac entrar por la calle Gustavo Díaz Ordaz hasta llegar al canal, continuar caminando en dirección norte como va el canal hasta llegar a un puente de madera y continuar caminando por la vereda hasta pasar los primeros invaderos dar vuelta a la derecha hasta encontrar nuevamente el canal, caminar hacia el norte 100 m aproximadamente.

FOTO

EN OPERACIÓN SI NO X

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	
REGULAR (OPERANDO)	
MALO	X

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

La esclusa cuenta con compuertas rectangulares de operación manual en donde se observa que no existe operación ya que el cable esta roto y ambas compuertas se encuentran abiertas, la distancia de la losas de la esclusa al espejo de agua es de 1.3m con un tirante de agua de 1m.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 19. Ficha descriptiva esclusa 5. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA:	11/07/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	12:50
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E5	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	99:03:41.24	Y	19:15:44.39
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA:

Se llega por Av. Chapultepec en dirección a Tláhuac entrar por la calle Gustavo Díaz Ordaz hasta llegar al canal, continuar caminando en dirección norte como va el canal hasta llegar a un puente de madera y continuar caminando por la vereda hasta pasar los primeros invemaderos dar vuelta a la derecha hasta encontrar nuevamente el canal.

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Esclusa fuera de servicio en la cual se encuentra un bordo que separa el canal en el cual de la parte alta de este al espejo de agua hay una distancia de 0.3m aguas arriba y de 2.3m aguas abajo, con un desnivel entre estos de 2m; el tirante que presenta al momento de la visita es de 1.75m aguas arriba y de 0.6m aguas abajo.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 20. Ficha descriptiva esclusa 6. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input type="checkbox"/>	T
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E4
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P

FECHA: 09/07/2014
HORA: 13:55
RESPONS:

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	99:05:36.92	Y	19:15:23.05
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA:
Sobre Av. Nuevo León en dirección a San Gregorio entrando por Pino se continúa caminando hasta topar con pared doblar a la derecha y continuar por el camino llegando al canal se encuentra una balsa para pasar del otro lado, se continúa el camino y se llega a la zona de invemaderos se tiene que atravesar parte de ellos para llegar.

FOTO

EN OPERACIÓN SI NO

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
MALO	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Esclusa de operación manual con medidas de la loza a el espejo de agua de 0.09m y en la parte baja de 1.86 m con un desnivel de 1.77 m en funcionamiento al momento de la visita.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 21. Ficha descriptiva esclusa 7. Elaboración propia.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014			
TIPO DE ESTRUCTURA			
TOMA DE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA: <input type="text" value="09/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA: <input type="text" value="13:27"/>
ESCLUSA	<input checked="" type="checkbox"/>	E3	RESPONS: <input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G	
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P	
NOMBRE POPULAR:	<input type="text"/>		
UBICACIÓN UTM	<input checked="" type="checkbox"/>	99:05:30.70	Y <input type="checkbox"/>
			15:18.6
CÓMO SE LLEGA:	<p>Sobre Av. Nuevo León en dirección a San Gregorio se entra por Pino continúa caminando hasta topar con pared doblar a la derecha y continuar por el camino llegando al canal se encuentra una balsa para pasar del otro lado, se continúa el camino y se llega a la zona de inveneraderos hasta llegar al otro canal caminar por la orilla de los inveneraderos para llegar.</p>		
FOTO	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;">     </div>		
EN OPERACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	<input type="checkbox"/>	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	MALO	<input type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)	<p>Esclusa de operación mecánica con medidas de la loza a el espejo de agua de 0.33m y en la parte baja de 1.96m dandonos un desnivel de 1.63m, por la presencia de lirio acumulado a la altura de un de las compuertas se presume que lleva ya un tiempo sin operar.</p>		
NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)			

Figura 22. Ficha descriptiva esclusa 8. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA- 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input type="checkbox"/>	T	FECHA:	28/04/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	13:20hrs
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input checked="" type="checkbox"/>	P1		

NOMBRE POPULAR:

Planta de Bombeo Puente Urrutia			
---------------------------------	--	--	--

UBICACIÓN UTM

X	99:04:32.69	Y	19:15:25.18
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA:

sobre Av. Nuevo León entrar el Av. Puente Urrutia caminar aproximadamente 200 m hacia adentro.			
--	--	--	--

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)			
	REGULAR (OPERANDO)		<input checked="" type="checkbox"/>	
	MALO			

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

<p>Planta de Bombeo de intercambio de aguas de canal Apatlaco con tubería de descarga de 16" de fierro fundido, sin operación al momento de la visita.</p>
--

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 23. Ficha descriptiva Planta de bombeo. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input type="checkbox"/>	T
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P

FECHA:

HORA:

RESPONS:

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	<input type="text" value="99:03:41.29"/>	Y	<input type="text" value="19:15:44.39"/>
---	--	---	--

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN SI NO

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
MALO	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Se presenta un bordo en el que existe un intercambio de aguas por una tubería de polietileno con un diámetro de 13" en el cual se presenta un firante de 0.3m aguas arriba y uno de 0.4cm aguas abajo, lo que nos da un desnivel de 0.1m entre estos dos.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 24. Ficha descriptiva alcantarilla. Elaboración propia.



ANEXO B



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T1	FECHA:	<input type="text" value="07/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="12:50"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 26. Ficha descriptiva. Aforo a sitio de descarga Parque Ecológico. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	FECHA:	<input type="text" value="07/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="13:50"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	<input type="text" value="99:03:58.27"/>	Y	<input type="text" value="19: 15:33.05"/>
---	--	---	---

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	MALO	<input type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Salida de ART descargada directamente al Canal Nacional en las inmediaciones a la pista olímpica de canotaje en Xochimilco, la descarga se hace mediante una tubería de hierro fundido de 8" esta salida es reducción de una de 24" también de hierro fundido sin flujo al momento de la visita

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 27. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga La Draga. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T3	FECHA:	04/07/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	13:10
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR: **Fernando Celada**

UBICACIÓN UTM

X	99:06:18.56	Y	19:16:13.30
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA: Se encuentra en las proximidades del embarcadero Fernando Celada bajando las escaleras que se encuentran del lado de una tienda de abarrotes.

FOTO

EN OPERACIÓN

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
MALO	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Salida de ART por medio de una tubería de fierro fundido de 6" de diámetro, en el momento de la visita se presento un caudal medio de 7.98 l/s obtenido por medio de aforo de la tubería, se observo que el tramo de la tubería q descarga se encuentra en malas condiciones puesto que este se encontraba con corrosión por óxido.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 28. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Fernando Celada. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T4	FECHA:	<input type="text" value="04/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="12:55"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO



EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	MALO		<input checked="" type="checkbox"/>	

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

No se pudo ver la tubería de descarga ya que se encontraba bajo el nivel del agua, pero se encuentra fuera de servicio desde hace tiempo

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRAS)

Figura 29. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Los Galeana. Elaboración propia.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA- 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T5	FECHA:	<input type="text" value="04/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="12:30"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de ART por medio de tubería de concreto con diámetro de 44", con caudal calculado aproximado 61.71 l/s

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 30. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Canal 27 (Embarcaderos Zacapa). Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T6	FECHA:	<input type="text" value="02/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="12:35"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM: X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de agua residual tratada por tubería de Fierro de 22" de diámetro fuera de operación

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 31. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Canal Caltongo. Elaboración propia.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA- 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T7	FECHA:	02/07/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	12:50
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR: Canal Caltongo (exclusa)

UBICACIÓN UTM

X	99:02:00.34	Y	19:16:02.56
---	-------------	---	-------------

CÓMO SE LLEGA: Al fondo de Canal de Chalco se llega al termino de la laguna San Lorenzo y se continúa por el camino donde se encuentran los invaderos aproximadamente 600 m

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>		
	MALO	<input type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Dos descargas de agua residual tratada de fierro con diámetro de 4" separadas una de la otra por una distancia aproximada de 50m, una de ellas es de operación manual por medio de una llave de paso. En el momento de la visitas ninguna de las dos presentaban flujo.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 32. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Canal Caltongo (Exclusa). Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T8	FECHA:	<input type="text" value="02/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="14:15"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	<input type="text" value="99:02:08.08"/>	Y	<input type="text" value="19:15:41.35"/>
---	--	---	--

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
MALO	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de agua tratada por tubería de concreto de 20" de diámetro con un caudal medio de 2.64 l/s (dato obtenido por aforo)

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 33. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Canal Caltongo (Mercado). Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T9	FECHA:	07/07/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	14:55
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR: Floricultor

UBICACIÓN UTM X 99:02:17.15 Y 19:15:39.46

CÓMO SE LLEGA: Se va sobre Benito Juárez y se toma la calle de Floricultor, después se entra uno por cerrada de Eriencias, posteriormente a la izquierda en el callejón y se encuentra donde comienzan los invernaderos.

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)			
	REGULAR (OPERANDO)		<input checked="" type="checkbox"/>	
	MALO			

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de agua tratada tubería de polietileno con diámetro de 4" con un gasto medio de 1.90 l/s (dato obtenido por aforo)

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 34. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Floricultor. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T10	FECHA:	<input type="text" value="02/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="13:55"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM X Y

COMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de agua tratada por tubería de fierro fundido de 16" de diámetro y reducción a 8" en la descarga la cual no presenta flujo al momento de al visita.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 35. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga México 70. Elaboración propia.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA- 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T11	FECHA:	<input type="text" value="04/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="10:45"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de agua tratada en un punto de control de concreto dimensiones no definidas, el cual cuenta con dos salidas por tuberías de PVC de 4" de diámetro, en una de ellas el flujo era mínimo y se presenta un caudal medio de 8 l/s (caudalímetro Primayer), también se observa desbordamiento por las paredes de la estructura de descarga.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 36. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Atenco. En esta descarga se hizo uso del caudalímetro Primayer PrimeFlo-T. El gasto que desborda por la estructura se estima en 32 l/s. Elaboración propia.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T 12	FECHA:	<input type="text" value="07/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="11:36"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	<input type="text" value="99:03:38.86"/>	Y	<input type="text" value="19:15:24.82"/>
---	--	---	--

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN SI X NO

ESTADO GENERAL

ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>
REGULAR (OPERANDO)	<input checked="" type="checkbox"/> X
MALO	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de Agua Residual Tratada (ART) por medio de tres tuberías de concreto con diámetro de 18" con un gasto medio de 1.49 l/s en cada uno de ellos teniendo un gasto total de 4.47 l/s y estos desembocan en un punto de control que cuentan con dos tubos de asbesto-cemento de diámetro de 13" a su vez también cuenta con un vertedor de sección rectangular.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 37. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga La Fábrica. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS
DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPA ALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADA DE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T13	FECHA:	<input type="text" value="07/07/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="11:41"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM: X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO



EN OPERACIÓN	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Descarga de Agua Residual Tratada (ART) por medio de tubería de polietileno con diámetro de 13" cuenta con registro de "Agua Residual Tratada" con un gasto medio de 10 l/s.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 38. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Moctezuma. Elaboración propia.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T3	FECHA:	<input type="text" value="28/04/2014"/>
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	<input type="text" value="12:30"/>
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	<input type="text"/>
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM

X	<input type="text" value="99:05:56.85"/>	Y	<input type="text" value="19:15:52.45"/>
---	--	---	--

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	MALO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Salida de ART en tubería de fierro fundido de 12" con una reducción 2" de tubería de PVC que distribuye en zonas muy cercanas al punto, aún con la reducción hay salida de flujo por ambas tuberías. El reducido desarrollo de la tubería impide la colocación del caudalímetro marca primayer.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 39. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Josefa Ortiz. El gasto se estima en 22 l/s. Elaboración propia.



FORMATO DE LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DENTRO DEL POLÍGONO XOCHIMILCO-TLÁHUAC-MILPAALTA - 2014

TIPO DE ESTRUCTURA

TOMADE ART	<input checked="" type="checkbox"/>	T4	FECHA:	28/04/2014
COMPUERTA	<input type="checkbox"/>	C	HORA:	13:05hrs
ESCLUSA	<input type="checkbox"/>	E	RESPONS:	
COMPUERTA CON GRÚA	<input type="checkbox"/>	G		
PLANTA DE BOMBEO	<input type="checkbox"/>	P		

NOMBRE POPULAR:

UBICACIÓN UTM X Y

CÓMO SE LLEGA:

FOTO

EN OPERACIÓN	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESTADO GENERAL	ÓPTIMO (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	REGULAR (OPERANDO)	<input type="checkbox"/>		
	MALO	<input checked="" type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN (DESNIVEL, TIEMPO DE OPERACIÓN, POTENCIA, CROQUIS)

Se presenta la existencia de una tubería de hierro fundido de 12" sin flujo, durante el periodo de la visita se acercó una persona y mencionó que no esta en operación desde hace un tiempo, también afirma, que se realizaba ahí descarga de agua proveniente del canal de Apatlaco.

NOTA: CROQUIS DE UBICACIÓN (CALLE, ETC., ATRÁS)

Figura 40. Ficha descriptiva: Aforo a sitio de descarga Puente Urrutia. Elaboración propia.