

EL GRAN RETO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

PASADO, PRESENTE Y PROSPECTIVAS
DE SOLUCIÓN PARA UNA DE LAS CIUDADES
MÁS COMPLEJAS DEL MUNDO



SISTEMA DE AGUAS
DE LA CIUDAD DE MÉXICO

EL GRAN RETO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

PASADO, PRESENTE Y PROSPECTIVAS
DE SOLUCIÓN PARA UNA DE LAS CIUDADES
MÁS COMPLEJAS DEL MUNDO

COORDINACIÓN GENERAL

Salomón Abedrop L.

INVESTIGACIÓN Y CONTENIDOS

Víctor Espinoza

Jaime Collado

Juan Manuel Morales

Josué Hernández

ReD basic color

COORDINACIÓN EDITORIAL

Viviane Calvo

RELACIONES PÚBLICAS

Eduardo Vázquez Herrera

CORRECCIÓN DE ESTILO

Judith Segura Medina

CONCEPTO GRÁFICO**Y DISEÑO EDITORIAL**

María Calderón

Daniela Correa

Karina Torres

José Manuel Espinosa

Rafael Rodríguez

FOTOGRAFÍA

Pim Schalkwijk Lincoln

REVISIÓN INSTITUCIONAL

Ing. Ramón Aguirre Díaz

EL GRAN RETO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

PASADO, PRESENTE Y PROSPECTIVAS
DE SOLUCIÓN PARA UNA DE LAS CIUDADES
MÁS COMPLEJAS DEL MUNDO



SISTEMA DE AGUAS
DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Una de las prioridades de mi administración ha sido incrementar y mejorar los servicios básicos de agua, alcantarillado, saneamiento y reúso, que permitan elevar sustancialmente la calidad de vida de la población que habita en la Ciudad de México; se han implementado estrategias que contribuyen a lograr su desarrollo sustentable y avanzar en la viabilidad de la capital en el largo plazo.

El seguimiento de instrumentos rectores de la política hídrica en el Distrito Federal, entre los que destacan el *Plan Verde* y el *Programa de Manejo Sustentable del Agua*, han permitido la identificación de diferentes estrategias que sirven como guía para avanzar en el cumplimiento de los objetivos planteados en materia de agua potable y drenaje. Así, la planeación y ejecución de proyectos tanto para la construcción de una nueva infraestructura hidráulica como para la rehabilitación y mejoramiento de aquella que ya opera en la ciudad, ha buscado atender las diferentes demandas que existen dentro del sector, particularmente de aquellas que repercuten en el bienestar de la sociedad y en la disponibilidad del recurso.

En este sentido, los diferentes retos afrontados se han venido superando con éxito. Ejemplo de ello fue el descenso al Emisor Central e interceptores para reparar —después de 15 años— el Sistema de Drenaje Profundo, lo cual requirió de la aplicación de innumerables recursos.

Por otro lado, traer el agua a la Ciudad de México implica cada día un mayor esfuerzo para todos, importamos de una distancia de 400 kilómetros el agua que consumimos, de ahí que sea sumamente importante cuidarla y trabajar en su potabilización, asunto en el que

también avanzamos. Lo que hicimos fue incrementar en 80% la capacidad de potabilización, beneficiando a más de un millón de habitantes, así como la reducción en poco más del 10% del consumo anual de agua de la ciudad. Ello es aún más destacable si se considera que este hecho se da en un entorno donde las dificultades de abastecimiento son cada vez mayores. Construimos 18 plantas potabilizadoras con una capacidad conjunta de 2,490 litros por segundo, beneficiando a más de 1.4 millones de habitantes y rehabilitamos 19. En general, se mejoró la calidad del agua, se incrementó su distribución y las horas efectivas de servicio en las zonas con mayores deficiencias, esto último, gracias a 10 plantas de bombeo que incrementan la presión en la red secundaria. Asimismo, atendimos de forma importante la problemática de fugas en las redes.

Lo anterior nos conduce a la necesidad de planear hoy, pensando en las necesidades del mañana y por ello se preparó un plan de inversión con un horizonte de planeación a 20 años, junto con las decisiones necesarias para garantizar el abasto de agua, principal reto de sustentabilidad para las generaciones venideras. Ello requerirá, indudablemente, del fortalecimiento de los esfuerzos realizados hasta alcanzar los objetivos que se plantean.

La Ciudad de México cuenta hoy con una infraestructura hidráulica más amplia y fortalecida. Trazamos el camino para lograr una mayor sustentabilidad hídrica, siendo pieza clave para ello, la participación conjunta de sociedad y gobierno en el compromiso responsable y duradero por la conservación y el mejor uso del vital líquido.

Lic. Marcelo L. Ebrard Casaubon

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México

7 PRESENTACIÓN

10 INTRODUCCIÓN

1

12 ASPECTOS HISTÓRICOS DE LA OBRA HIDRÁULICA EN LA CUENCA DE MÉXICO

Antecedentes geográficos e históricos

15 OBRA HIDRÁULICA PREHISPÁNICA

Acueducto de madera (1381)

La primera inundación de Tenochtitlan (1446)

Sequías y guerras floridas (1450-1455)

Acueducto de Chapultepec (1466)

La decisión de Ahuizótl (1499)

20 OBRA HIDRÁULICA DE LA COLONIA Y DEL MÉXICO INDEPENDIENTE

La oportunidad de reubicar

a la Ciudad de México (1521)

La primera inundación después

de la conquista (1555)

Enrico Martínez (1607)

24 LA CONSTRUCCIÓN DEL TAJO DE NOCHISTONGO

Tercer acueducto de los manantiales de Chapultepec (1650)

El drenado de la cuenca de México (1768)

Salud pública y aguas residuales (1815)

34 OBRA HIDRÁULICA EN LOS SIGLOS XIX Y XX

37 GRAN CANAL DE DESAGÜE

Reúso de las aguas residuales y pluviales de la cuenca de México (1881)

Las aguas nacionales (1894)

Suministro de agua en el siglo XX

Sistema Lerma

Gestión de las aguas residuales

Escurrimientos pluviales urbanos

Hundimiento del suelo en la Ciudad de México

48 OBRA HIDRÁULICA MODERNA

53 EL DRENAJE PROFUNDO

55 SISTEMA CUTZAMALA

2

64 OBRA HIDRÁULICA ACTUAL

Planeación

66 PLAN VERDE

70 INVERSIÓN

70 AGUA POTABLE

Obras de agua potable

Potabilización

Laboratorio

Rehabilitación y reposición de pozos

Construcción y rehabilitación de redes

Sectorización

Medición

Pozos de absorción

82 RESCATE DEL RÍO MAGDALENA

84 AGUA PARA IZTAPALAPA

Acueducto Santa Catarina

87 DRENAJE

Nuevas tecnologías de rehabilitación en drenaje

Plantas de bombeo

Drenaje profundo

Rehabilitación del Emisor Central

Mantenimiento del drenaje

Agua tratada y reúso

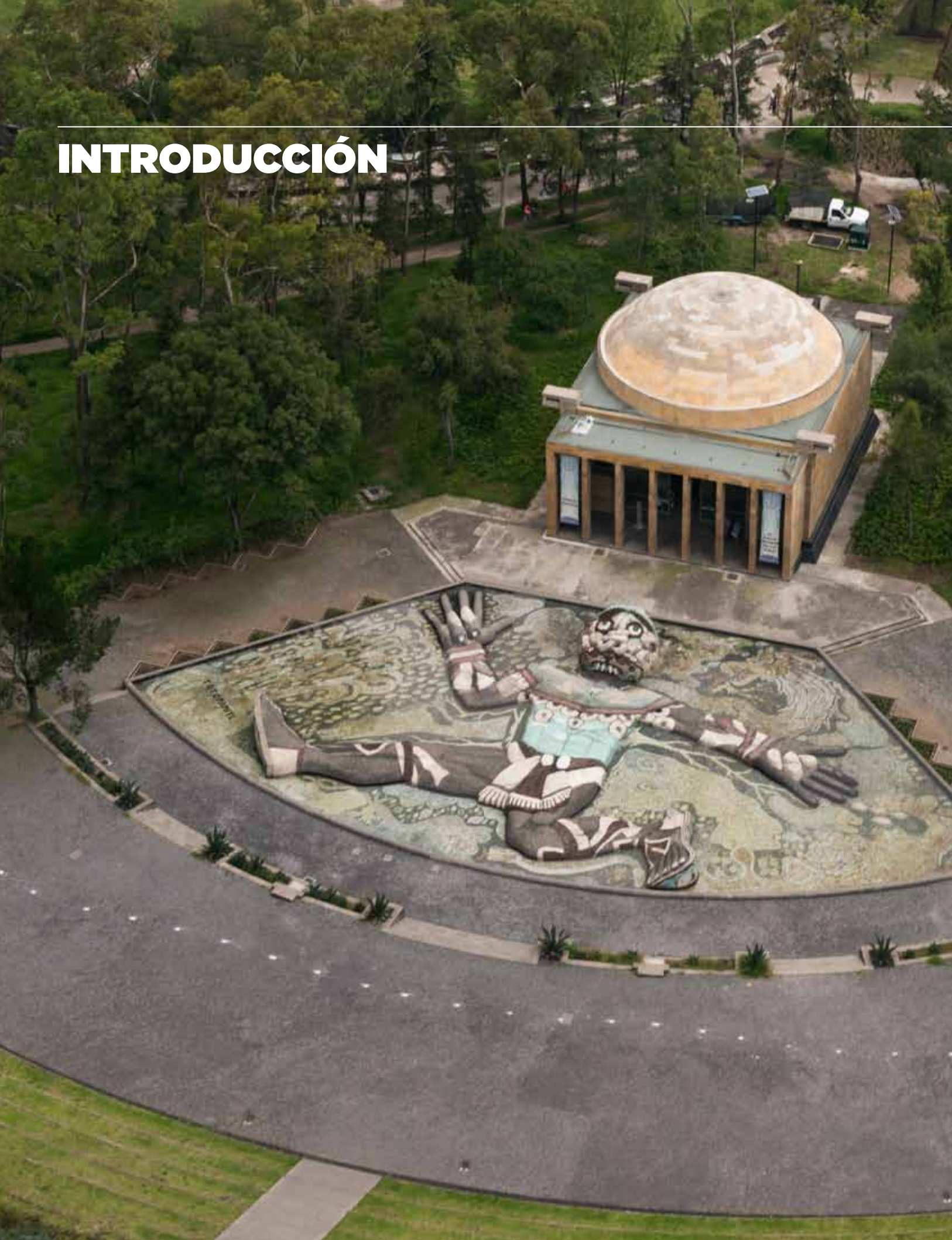
Unidad tormenta

102 INMERSIÓN EN AGUAS NEGRAS

3

- 104 PRINCIPALES RETOS DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**
- 105 PRESENTACIÓN**
- 109 PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**
- 112 PLANEACIÓN**
 - Sismo
- 116 CAMBIO CLIMÁTICO**
- 119 ACUÍFERO**
- 124 HUNDIMIENTO DEL VALLE DE MÉXICO**
- 130 SISTEMA CUTZAMALA**
- 133 SEQUÍA**
- 135 ASPECTOS METROPOLITANOS**
 - Agua
 - Drenaje
 - Tratamiento
 - Organismo metropolitano
 - Ente regulador metropolitano
- 147 AGUA**
 - Calidad del agua
 - Macro y micromedición
 - Sectorización
 - Fugas
 - El derecho humano al agua
 - Consumo
 - Captación de agua de lluvia
 - Pozo profundo
 - Otras fuentes de abastecimiento futuras
- 167 DRENAJE**
 - Reúso y reinyección del agua
- 171 DESCENTRALIZACIÓN**
 - Organismo descentralizado
 - Consejo de administración
- 176 AUTOSUFICIENCIA**
 - Financiamiento
- 179 TARIFAS**
 - Gestión integral
- 186 EXPERTOS ENTREVISTADOS**
- 193 BIBLIOGRAFÍA**
- 195 DIRECTORIO INSTITUCIONAL**

INTRODUCCIÓN



A partir de la fundación de la gran Tenochtitlan, que evolucionaría en lo que se conoce como la zona metropolitana de la Ciudad de México, se ha mantenido una lucha constante por dar viabilidad a los asentamientos humanos existentes. Caracterizada desde su comienzo por el impacto y el control de los escurrimientos pluviales, el hundimiento paulatino de la superficie de la ciudad y por la creciente escasez del agua debido al crecimiento poblacional y de las actividades económicas en la región.

El entorno geográfico de la zona metropolitana y numerosos acontecimientos históricos y políticos a lo largo de nuestra historia, crearon las circunstancias propicias para que el Distrito Federal concentre el 45% de la actividad industrial del país, el 22% de su producto interno bruto, y que la zona metropolitana de la Ciudad de México albergue al 20% de la población del país. En esta ciudad se dan cita casi todas las oficinas centrales del Gobierno Federal, centros de negocios nacionales e internacionales, las actividades culturales, universidades y los centros de investigación más importantes.

El rápido crecimiento de la población en la zona metropolitana, en los últimos cien años, se caracterizó por la expansión de áreas urbanas, áreas residenciales desarrolladas para las clases media y alta y los asentamientos no planificados en las áreas periféricas. Los gobiernos han prestado atención a este crecimiento proporcionando los servicios públicos domiciliarios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como una atención especial al drenaje pluvial, el tratamiento de aguas residuales y la disposición final de las aguas no reutilizadas.

El suministro diario de los servicios de agua, drenaje y saneamiento a 8.85 millones de habitantes del Distrito Federal, más una población flotante que supera los 4.2 millones de personas, es un reto formidable para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX). Se reciben 31.2 metros cúbicos por segundo (m^3/s) de agua. Del sistema Cutzamala se extraen $9 m^3/s$; del sistema de pozos en Barrientos $2.1 m^3/s$; de la Caldera $0.6 m^3/s$; del río Lerma $4 m^3/s$ y $0.9 m^3/s$ del sistema Chiconautla, así como de los manantiales y pozos ubicados en el Distrito Federal se extraen $14.6 m^3/s$.

Las circunstancias geográficas y geológicas de la Cuenca de México y la problemática asociada al suministro

de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento; provocan frecuentes encharcamientos e inundaciones en la temporada de lluvias. La expansión de la mancha urbana provoca la disminución significativa de la infiltración del agua de lluvia y el hundimiento del suelo, al afectar las pendientes naturales que permiten el desalojo por gravedad del agua pluvial. Como consecuencia, la construcción de obras para el control de inundaciones en la Cuenca de México ha sido constante desde antes de la conquista.

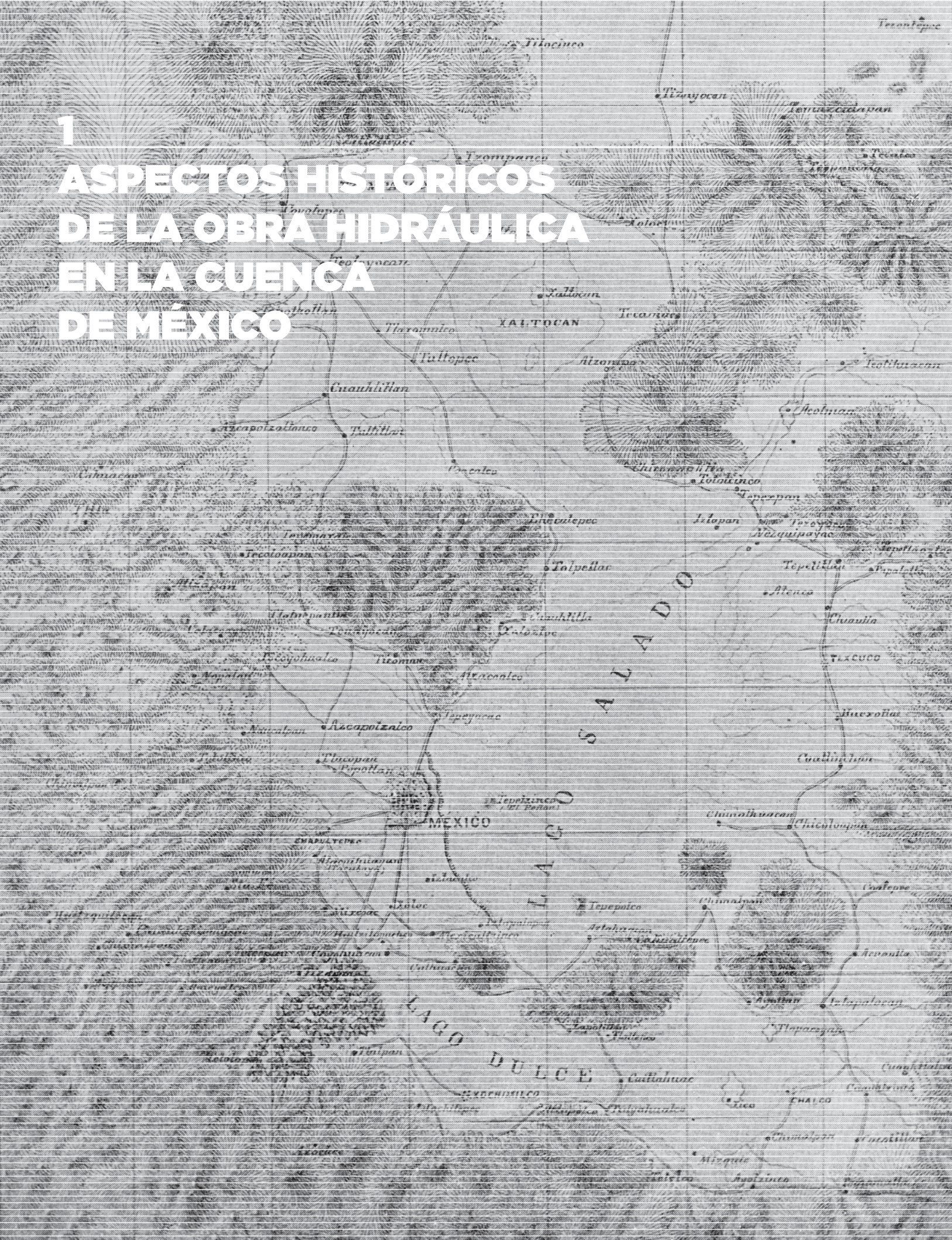
El crecimiento poblacional, el desarrollo urbano y la disminución de las zonas de recarga natural del acuífero de la cuenca de México provocaron una severa sobreexplotación del mismo. Las consecuencias más visibles son: los hundimientos y grietas en la ciudad, la alteración de la calidad del agua, particularmente al oriente de la zona metropolitana, y una oferta menor a la demanda a pesar de los grandes esfuerzos realizados.

Como consecuencia de esos fenómenos en la Ciudad de México, desde 1940, se desarrollaron grandes proyectos de infraestructura hidráulica para importar agua de cuencas y acuíferos circunvecinos para disminuir el impacto de la extracción de agua del subsuelo.

Las obras y acciones no estructurales emprendidas para ofrecer: un servicio de calidad, abastecimiento y distribución del agua potable, drenaje de las aguas residuales y pluviales, y la depuración de las aguas servidas, no son suficientes para asegurar el desarrollo sostenible de la ciudad de México. Existen elementos imposibles de controlar como: la dinámica de la oferta y la demanda de agua, los impactos y la incertidumbre ocasionados por el hundimiento del suelo en la cuenca de México, y la variabilidad en el tiempo y frecuencia de las lluvias.

El presente volumen invita a la reflexión sobre la evolución histórica de la gestión del agua para valorar las acciones históricas y las obras contemporáneas que, a mediano y largo plazo, permitan el acceso continuo y de buena calidad del agua potable en la Ciudad de México. Este libro relata las acciones pasadas y brinda reconocimiento a las indispensables obras actuales, delimitando las acciones que debe seguir el Sistema de Aguas de la Ciudad de México a fin de lograrla viabilidad y sustentabilidad del recurso hídrico para sus habitantes en el México de nuestros hijos.

1 ASPECTOS HISTÓRICOS DE LA OBRA HIDRÁULICA EN LA CUENCA DE MEXICO



ANTECEDENTES GEOGRÁFICOS E HISTÓRICOS

La Ciudad de México se localiza en la zona centro del país, en la parte meridional de la cuenca de México, la cual es un valle extenso de alta montaña, situado a más de 2 mil metros sobre el nivel del mar y rodeado por montañas de origen volcánico.

Desde un punto de vista geológico, la cuenca de México se formó hace 600 mil años, cuando la sierra Chichinautzin, que divide actualmente a la cuenca de México de la cuenca de Morelos, bloqueó el antiguo drenaje de los ríos Salado y Cuautla, los cuales escurrían hacia el océano Pacífico dentro del valle que se encuentra entre la sierra Nevada (volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl) y la sierra de Las Cruces; dominada por el Nevado de Toluca mapa de la derecha.

Las lavas que depositó el vulcanismo de las sierras Nevada, de Las Cruces y posteriormente la sierra del Chichinautzin, formaron la base en donde se acumularían los depósitos aluviales que constituyen en la actualidad el acuífero superior de la cuenca de México, el cual tiene entre 600 o 700 m de espesor, y en donde subyace la actual Ciudad de México.

Después de haber escurrido el agua de lluvia en la cuenca de México por los ríos que se originaban en las montañas cercanas, y de haber acarreado material sedimentario desprendido de sus laderas por aproximadamente 600 mil años, se formaron los lagos de Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Los lagos de Xochimilco y Chalco se ubicaban en la parte baja de la cuenca, estaban cubiertos con vegetación flotante y contenían aguas dulces debido al flujo de numerosos arroyos. Los lagos de poca profundidad, Zumpango y Xaltocan, se ubicaban en la parte alta, por lo que en época de lluvias descargaban al lago de Texcoco sus excedentes de agua.

El lago de Texcoco era el más extenso de todos, se ubicaba en la parte central de la cuenca ocupando una superficie de entre 700 y 1,000 kilómetros cuadrados, recibía agua de los lagos contiguos y su salinidad era alta debido a que sus únicas pérdidas de agua eran a través de la evaporación y la infiltración.

Es ahí, en un islote del lago de Texcoco donde, de acuerdo con diversos documentos, el día 18 de julio de 1325 los mexicas encontraron los símbolos de la tierra prometida: un águila devorando una serpiente sobre un nopal (cactus), estableciendo en consecuencia la capital del imperio Mexica conocida como la ciudad México-Tenochtitlan.

La extensión de la ciudad estaba limitada a la superficie del zócalo actual y los edificios circunvecinos, conectando a Tlatelolco hacia el norte pero separada por un canal. Con el tiempo, el crecimiento de la ciudad provocó



que la superficie del islote fuera insuficiente, por lo que los mexicas rodearon la tierra firme de chinampas flotantes en el lago, el cual no era profundo, y cuyos camellones estaban unidos entre sí, afianzados con estacas y por las raíces de las plantas al fondo del mismo.

La ciudad era atravesada por dos grandes canales, los cuales dividían a la ciudad en cuatro sectores denominados *hueicalpulli*: al noroeste Cuepopan, al noreste Atzacualco, al suroeste Moyotla y al sureste Zoquipa. La calzada hacia el norte unía a Tenochtitlan con el pueblo del Tepeyac, la que se comunicaba hacia el este llegaba hasta el Peñón de los Baños, la que se dirigía hacia el oeste llegaba a Tacuba, la calzada del sur se conectaba con Iztapalapa y, mediante una ramificación, con Coyoacán.

OBRA HIDRÁULICA PREHISPÁNICA

ACUEDUCTO DE MADERA (1381)

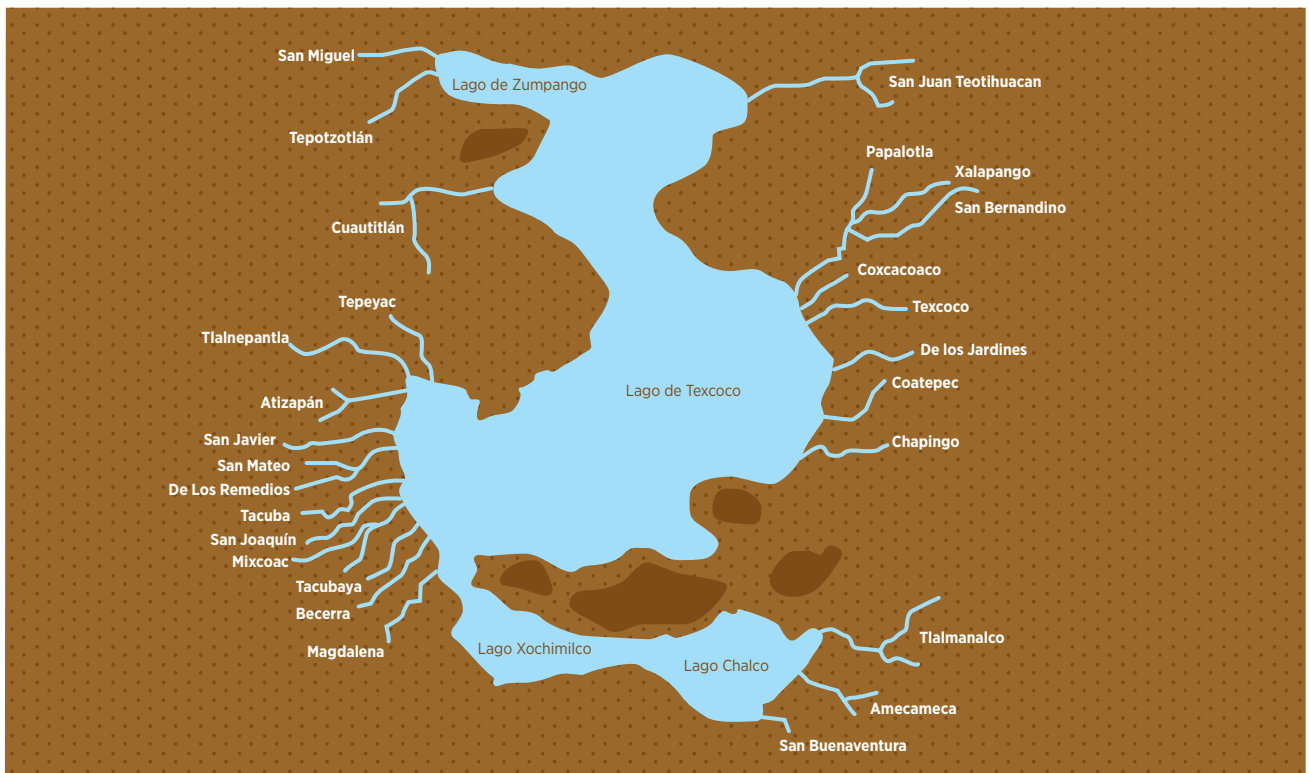
El rápido crecimiento de la Ciudad de México-Tenochtitlan demandó por parte de sus gobernantes la búsqueda de alternativas que permitieran abastecer de agua a su población, por lo que tlatoani Chimalpopoca, en el año 1381, construyó un acueducto de madera que permitiera aprovechar el agua de los manantiales de Chapultepec y transportarla a la ciudad. Sin embargo, la ruta trazada para su trayecto

no era la mejor, ya que iniciaba en Chapultepec, continuaba por lo que hoy es el Circuito Interior hasta la Calzada de Tacuba, y volteaba para ingresar a la ciudad de Tenochtitlan, esto, aunado a su mala construcción determinó que finalmente fuera destruido.

LA PRIMERA INUNDACIÓN DE TENOCHTITLAN (1446)

México-Tenochtitlan se ubicaba a un promedio de dos metros sobre el nivel del lago de Texcoco, lo cual provocaba que en época de lluvias se registraran fuertes afectaciones, ocurriendo una de ellas en el año de 1446, cuando lluvias abundantes elevaron el nivel de los lagos casi hasta tocar las copas de los árboles, inundando la ciudad por completo.

Ante este hecho, Moctezuma Ilhuicamina solicitó a Nezahualcóyotl, señor de Texcoco, una solución para evitar una nueva inundación, quien recomendó la construcción de una cerca de madera, piedra y barro, coronada de un fuerte muro de mampostería, que permitiría contener el flujo de agua del lago de Texcoco, surgiendo de esta manera el albarradón de Nezahualcóyotl, mismo que cubría una longitud de 16 kilómetros desde el cerro de Atzacualco hasta Iztapalapa y cuyas compuertas permitían verter las aguas del lago de Texcoco en época de estiaje y contenerlas en época de lluvias.



SEQUÍAS Y GUERRAS FLORIDAS (1450-1455)

La cultura azteca se distinguía por la gran cantidad de ofrendas realizadas a sus diferentes dioses, siendo los sacrificios humanos una de las más frecuentes y cuyos cuerpos eran conseguidos fuera de sus integrantes para evitar descontentos sociales, esto dio origen al establecimiento intencional de las llamadas Guerras Floridas en contra de ciudades independientes como Tlaxcala y Huejotzingo.

Las Guerras Floridas acontecieron durante el reinado de Moctezuma Ilhuicamina, iniciador del imperio azteca, quien logró la consolidación física del Estado mexicana al dirigir obras indispensables para el crecimiento de la ciudad y organización de la vida urbana, mismas que eran realizadas con mayor frecuencia en épocas de sequía para ofrendar sacrificios de sus prisioneros a los dioses, a fin de que mandaran lluvias que permitieran tener buenas cosechas.

Sin embargo, algunos antropólogos e historiadores creen que las Guerras Floridas tenían un objetivo alterno: ser un medio de control demográfico para afrontar la falta de alimentos en épocas de escasez del agua. Tal y como sucedió en el periodo de 1450 a 1455, donde una fuerte sequía devastó las cosechas y cultivos, provocando la hambruna colectiva, por lo que al reducir la población mediante estas batallas se lograba racionalizar el abasto de los alimentos disponibles a los habitantes de la ciudad.

EL ACUEDUCTO DE CHAPULTEPEC (1466)

La conquista y dominio de la Ciudad de México-Tlatelolco, por parte de Moctezuma Ilhuicamina en el año de 1441, permite ampliar las fuentes de abastecimiento a la población de Tenochtitlan y posteriormente controlar el suministro del agua mediante la construcción de un acueducto en el año de 1466.

Este acueducto con más de tres kilómetros de longitud partía de los manantiales del Bosque de Chapultepec, cruzaba las aguas del lago y concluía su trayecto en la Ciudad de México; algunos de sus tramos eran elevados y otros más subterráneos, contando con dos vías de piedra que permitían su mantenimiento alternado. Años más tarde, este acueducto sería parcialmente destruido por Hernán Cortés para obstruir el abastecimiento de agua a Tenochtitlan.





LA DECISIÓN DE AHUIZÓTL (1499)

El Acueducto de Chapultepec cubrió las necesidades de agua durante los siguientes veinte años hasta el inicio del mandato de Ahuizótl, octavo gobernante de los mexicas, en el año de 1486, quien tenía un particular gusto por las huertas y jardines esplendorosos, provocando que la demanda del recurso se incrementara considerablemente.

Como solución a sus grandes requerimientos de agua, Ahuizótl ordenó la construcción de un nuevo acueducto que conduciría el líquido desde Coyoacán hasta el centro de Tenochtitlan, bordeando la calzada de Iztapalapa; para lograrlo Ahuizótl solicitó a Tzuzuma, Señor de Coyoacán reconocido también por sus virtudes de hechicero, el desvío de las aguas del manantial Acuecuéxtl para hacerlas llegar a Tenochtitlan, a lo que Tzuzuma por ser tributario de los mexicas no se rehusó. Sin embargo, advirtió al Tlatoani de lo abundante que podía llegar a ser el caudal de ese ojo de agua, así como los peligros que implicaban su desvío.

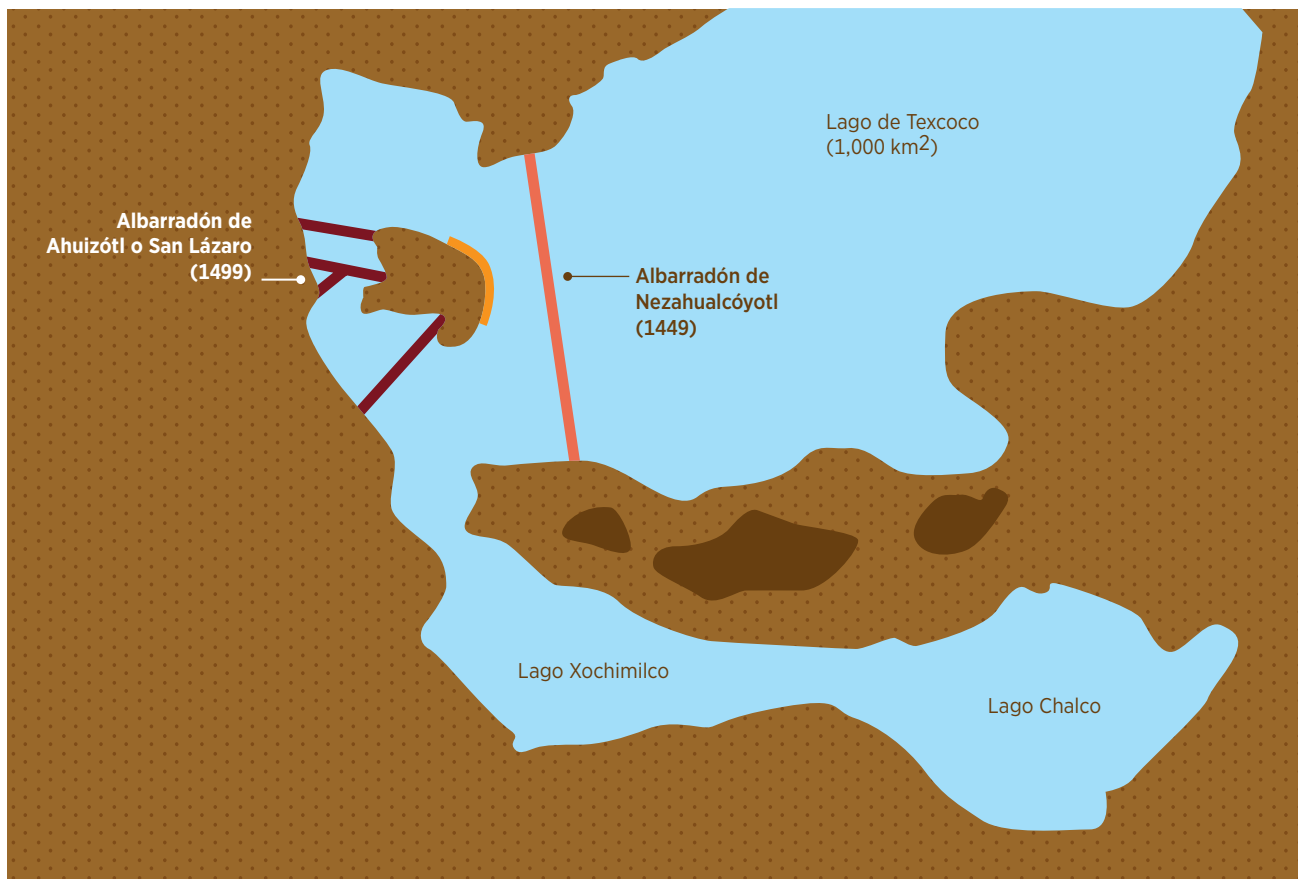
Ahuizótl, que era un guerrero por naturaleza, creyó ver en esta advertencia una negativa y un desafío a su poder, por lo que mandó a sus hombres a atacar Coyoacán y matar a Tzuzuma, cuyo cuerpo dice la leyenda, fue arrojado en medio del Pedregal brotando en ese sitio un manantial;

la obra, como era de esperarse, fue realizada pese a todo por mandato del gobernante.

Años más tarde serían cumplidas las advertencias de Tzuzuma, al presentarse en 1499 fuertes precipitaciones y la crecida del manantial Acuecuécatl que provocaron el desbordamiento de las aguas que transportaba el nuevo acueducto, derivando en una inundación de grandes dimensiones en Tenochtitlan que cobró indirectamente la vida del propio Ahuizótl, quien al intentar escapar de las corrientes de agua, recibió un fuerte golpe en la cabeza muriendo tiempo después.

Este hecho condujo a la construcción de una nueva albarrada más cerca de Tenochtitlan; denominada Albarradón de Ahuizótl, cuya función principal era proteger a la población de los embates provenientes de las fuertes corrientes de agua.

Como se puede observar, el desarrollo de la infraestructura hidráulica en la época prehispánica se caracterizó por la ejecución de proyectos que buscaban conducir el agua desde diversas fuentes de abastecimiento; como Chapultepec y Coyoacán hasta la ciudad de Tenochtitlan, a fin de garantizar el desarrollo social y económico de los mexicas, y resguardar a la población de posibles crecientes de agua, como fue el caso de las albarradas.





Plano indígena existente en la Universidad de Uppsala, Suecia que representa a la Ciudad y el valle de México (1541).

OBRA HIDRÁULICA DE LA COLONIA Y DEL MÉXICO INDEPENDIENTE

LA OPORTUNIDAD DE REUBICAR A LA CIUDAD DE MÉXICO (1521)

El 13 de agosto de 1521 está marcado como la caída de la civilización mexicana ante los conquistadores, lo que representó la posibilidad de reubicar la Ciudad de México-Tenochtitlan en un territorio diferente, cuyas opciones consideraban Coyoacán, Tacuba e incluso Texcoco. Sin embargo, la opinión de Hernán Cortés en el sentido de edificarla en el mismo sitio fue la que se consideró como definitiva.

Cortés destruyó una gran parte de la albarrada de Nezahualcōyotl para que pudieran transitar los barcos durante la batalla; algunos de los canales se utilizaron más para el transporte y comercio por medio de canoas, que para gobernar. Tiempo después, las acequias quedaron obstruidas por los escombros y otras más desaparecieron cuando los nuevos pobladores formaron calles o levantaron casas sobre el terreno.

Después de la conquista, México continuó creciendo sin que los españoles comprendieran el papel que jugaban los canales, las acequias, los albarradones y sus compuertas en el entorno hídrico de la ciudad. Realizaron actividades en la tierra que derivaron en un incremento en la erosión del suelo y la sedimentación en los lagos, disminuyendo con ello su capacidad de almacenamiento.

Con el transcurso de los años, estos cambios hicieron cada vez más notorio que el aumento de las lluvias traía consigo también un aumento en los niveles de los ríos y arroyos que desembocaban en los lagos. A la vez que los canales y acequias conducían caudales mayores.

LA PRIMERA INUNDACIÓN DESPUÉS DE LA CONQUISTA (1555)

Ya consolidada como la Nueva España, el incremento de los niveles y caudales de agua en la ciudad comenzó a preocupar a la población; en el año de 1541 se solicitó al primer virrey, Antonio de Mendoza y Pacheco, el desarrollo de obras hidráulicas que evitaran la inserción de las aguas en la ciudad, pero sólo fueron hechas unas reparaciones sin trascendencia. Tres décadas después de la conquista, el 17 de septiembre de 1555, fuertes precipitaciones inundaron la ciudad provocando severas afectaciones a la población. Una de las decisiones del virrey Luis de Velasco y Ruiz de Alarcón, segundo gobernante de la Nueva España, fue citar al cabildo y acordar la construcción del albarradón de San Lázaro. Obra que recorría desde la calzada de Tepeaquilla

(hoy de Guadalupe) hasta la calzada de Iztapalapa, formando un semicírculo que rodeaba a la población por el rumbo de San Lázaro que impedía que las aguas entraran a la ciudad, siendo en el año de 1556.

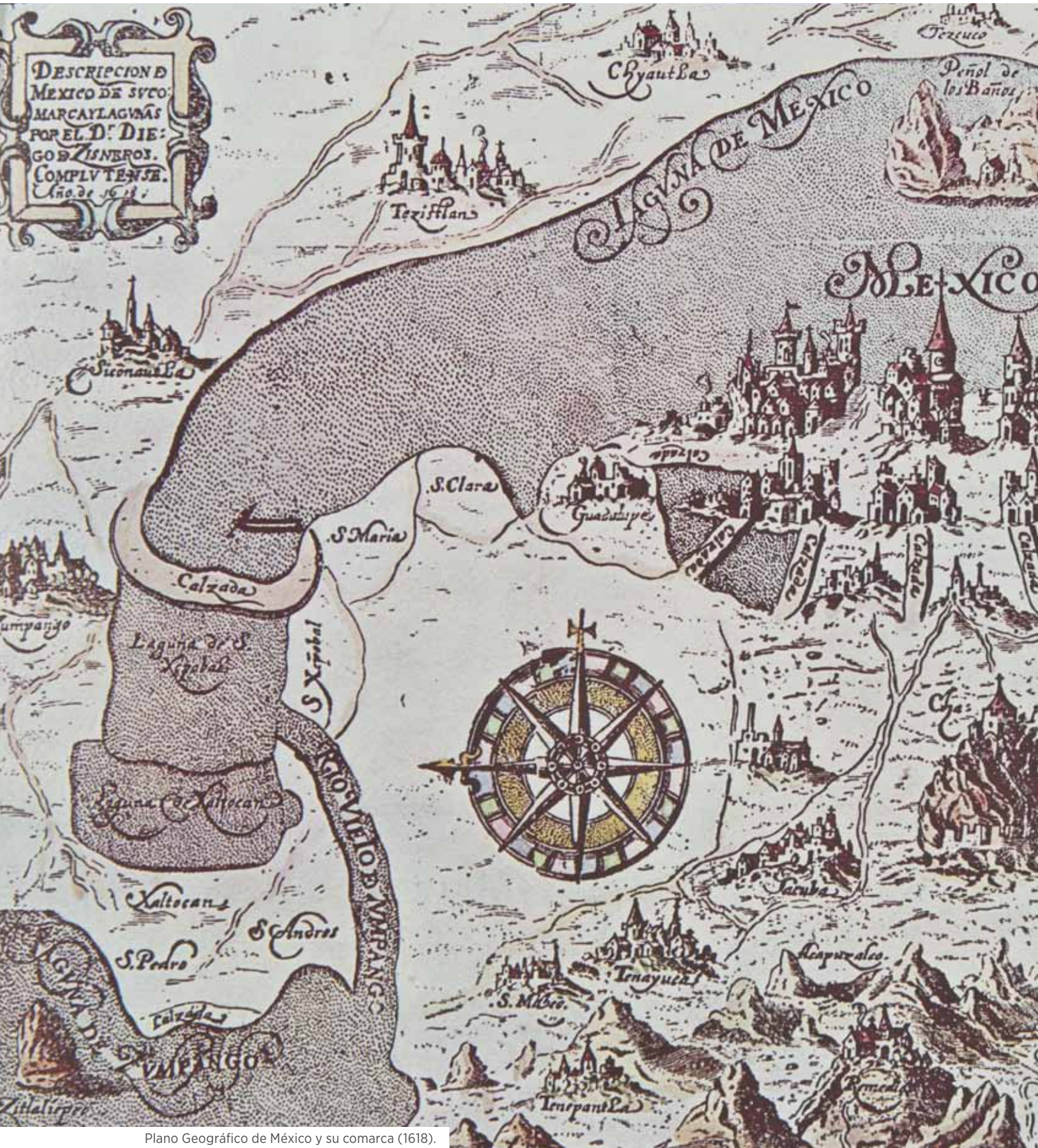
Posteriormente, el cabildo de la ciudad presentó un proyecto para restaurar el manejo del agua, conservando una cierta cantidad para la agricultura y usos domésticos; no obstante, se vislumbraba por primera vez el sitio de Huehuetoca para desviar a lo que consideraban el enemigo más formidable de la Ciudad de México: el río Cuautitlán.

A pesar de los esfuerzos del virrey para emprender las obras de componer calzadas, desviar ríos y construir diques, los regidores de la ciudad se negaron a financiar las obras; ante esta actitud, el virrey Luis de Velasco escribió varias cartas al rey Carlos I. En una le decía:

En toda esta Nueva España ha llovido este año mucho más que los pasados, y ha hecho gran daño en algunas Provincias, porque ha anegado las sementeras de trigo y maíz, y en esta Ciudad ha sido mayor que en otras partes, por estar la ciudad en lo más bajo y cercada la mayor parte de una Laguna grande, donde acuden todas las aguas de ríos, y fuentes de la comarca, que son muchos; hemos vístonos en gran trabajo, y si no se pusiera gran diligencia en desaguar un río que salió de madre, por la parte de Tlatilulco, se llama Santiago, gran parte de la Ciudad se perdiera. Fué gran yerro á mi ver fundarla en este sitio, porque había otros mejores á dos y á tres leguas de aquí. De más de esto edificaron las casas más bajas que las plazas y calles, y así toda el agua llovediza se entra en las casas, y no tienen desagadero. Si otro año las aguas acuden con la furia que este, la Ciudad corre riesgo, prevenírsele ha de los remedios posibles, aunque el daño principal que fue, es el mal sitio en que se fundó, y los malos cimientos y ruines edificios, no tiene reparo si la Ciudad no se mudare, y esto ya no se puede hacer, así porque costaría dinero innumerable, como porque ni podrían, ni querrían los indios entender en obra tan grande, y sin ellos no se puede hacer una casa, cuanto más mudar una tan grande Ciudad, así que se ha de esperar á lo que Dios Nuestro Señor fuere servido, reparándonos lo mejor posible, como será...

Entre 1564 y 1572 se construyó un segundo acueducto para llevar agua del manantial Santa Fe a la Ciudad de México; debido al gran caudal que conducía, sufrió daños que tuvieron que ser reparados en años posteriores.

A pesar que en 1556 volvió a llover intensamente, no se puso en práctica el proyecto de obras de protección ni de desvío de ríos. En consecuencia, en 1579 se volvió a inundar la Ciudad de México habitada, en aquel entonces, por unas 40 mil personas.



Plano Geográfico de México y su comarca (1618).



La Ciudad de México anegada, siglo XVII.



Monumento del ilustre cosmógrafo Enrico Martínez.

ENRICO MARTÍNEZ (1607)

En el año de 1604 ocurrió una nueva inundación, creando la necesidad por parte del virrey Juan de Mendoza y Luna, de solicitar la presentación de proyectos que permitieran hacer el desagüe permanente; al no recibir ninguna propuesta que cumpliera sus expectativas, se procedió únicamente a la reparación del albarredón de San Lázaro y la reconstrucción de la calzada de Tepeyac o Guadalupe y la de San Cristóbal, que separaba el lago de Xaltocan del de Texcoco.

En 1607 se da otra inundación en la Ciudad de México, derivada del desbordamiento de las lagunas y por el caudal que añadían innumerables manantiales que brotaron en las calles y dentro de los edificios. Esto hizo que las aguas de las acequias rebozaran hasta cubrir diversos puentes que permitían atravesar de un lado a otro, muchos edificios se derrumbaron y se estropearon casas de campo por el rumbo de Chalco.

La crecida fue tan extrema que la Ciudad de México estuvo a punto de arruinarse por completo. Esto provocó la reacción del virrey Luis de Velasco II quien, a través de la publicación de un anuncio, ofreció recompensas a los españoles, criollos o mestizos que propusieran algunos remedios para el desagüe; ya fueran fruto de sus ingenios, extraídos de otros autores, transmitidos por tradición o que se hubieran puesto en práctica en la ciudad o en otras partes del mundo donde se sufrieran desastres del mismo tipo.

Algunos proyectos planteaban desaguar los lagos por Chalco hacia Tepopula, otros por las rutas de Zumpango, Huehuetoca y Papalotla, hasta que llegó la hora de examinar el presentado por Enrico Martínez; quien proponía el sitio de Nochistongo para drenar el río Cuautitlán y el lago de Zumpango, siendo aprobado por la Junta del 23 de octubre de 1607.



Grabado "Laghi di Messico" tomado del que realizó Enrico Martínez en 1608 con el título de "Descripción de la Comarca de México i Obra del Desagve de la Lagvna".

LA CONSTRUCCIÓN DEL TAJO DE NOCHISTONGO

El virrey Luis de Velasco puso todo su interés y empeño en este proyecto, tomando para ello ciertas medidas que permitieran asegurar su correcto desarrollo: la publicación de pregones para reunir a los indios mulatos, mestizos y toda clase de gente que quisiera ir a trabajar en las obras del desagüe, previo salario; para hacer las herramientas que serían utilizadas; para proponer los medios más fáciles en las labores, como eran cavar, sacar y acarrear tierra; para determinar el número de yuntas de bueyes de que podría disponerse; y para que los indios trajeran también la madera y paja con que se habrían de construir los jacales en que se albergarían los peones y demás empleados que trabajarían en las obras.

Las obras dieron inicio formalmente el 30 de noviembre de 1607, cuando en el sitio de Nochistongo el virrey D. Luis de Velasco empuñó una pala y animó con su ejemplo a los indios en medio de fuertes aplausos y un gran entusiasmo.

Durante los trabajos, el propio virrey hacía recorridos de supervisión a lo largo de las obras para ordenar las reparaciones que fueran necesarias. Durante uno de ellos,

Enrico Martínez quiso mostrar su funcionamiento y mandó derribar la compuerta dejando correr con gran fuerza por el canal el líquido contenido, proveniente de la laguna de Citlaltepec, sorprendiendo a todos los presentes y obteniendo el reconocimiento del virrey.

Once meses después de trabajo continuo quedó concluida la galería subterránea que medía más de 6,600 metros de largo, 3.5 de ancho y 4.2 de altura. Desde el extremo norte del socavón, llamado boca de San Gregorio, Martínez había colocado un canal descubierto que conducía las aguas hasta el salto del río Tula por un trayecto de 8,600 metros, desde donde todavía tenían que bajar las aguas hasta el Golfo de México, cerca de la barra de Tampico, una altura de 2,153 metros. Una obra con estas dimensiones y realizada en un tiempo relativamente corto mereció el reconocimiento de diversos sabios de la época, como fue el caso de Humboldt.

Sin embargo, esta admiración no fue permanente, ya que al poco tiempo comenzaron a observarse derrumbes frecuentes dentro del socavón, provocado principalmente por estar construido en tierra movediza, lo cual no fue



D. Luis de Velasco Márquez de Salinas (1607).

previsto por el propio Enrico ni por ninguno de los peritos que participaron, requiriendo su pronta reparación.

Como primera medida se colocó una cubierta de madera en los muros del socavón, sin embargo, la fuerza del agua que corría por su interior la removió casi de manera inmediata; la siguiente decisión tomada fue revestir los costados con muros y construir arcos para reforzar sus paredes, pero las aguas los desgastaban por la parte inferior, las losetas del techo se desprendían y las corrientes al ser intermitentes, apenas bastaban para llevarse los escombros o los arrastraban con bastante fuerza. Finalmente se consideró extender el revestimiento de mampostería para formar bóvedas de arco y construir un nuevo socavón en la parte inferior del antiguo; estos trabajos de reparación tardaron cerca de año y medio en concluir.

Derivado de estos hechos, los adversarios de Martínez no perdieron oportunidad de escribir al rey e informarle de todos los trabajos ejecutados y las erogaciones extras realizadas en una obra que ellos consideraban no cumpliría el objetivo por el que fue creada. El rey, en consecuencia, expidió una Real Cédula fechada el 8 de mayo de

1611 en la que pedía se le informara el costo de la obra de desagüe hasta ese entonces, el provecho que se había obtenido y el que podría obtenerse de ella, los costos anuales para perfeccionarla y mantenerla, la duración que se estimaba tendrían los trabajos, el número de indios ocupados y si éstos habían sido impuestos a trabajar contra su voluntad.

Ya en ese entonces la ciudad era gobernada por el arzobispo virrey García Guerra, quien para dar respuesta a las peticiones del rey, tomó las declaraciones de diversos peritos en la materia, entre los que se encontraba Alonso Arias, uno de los principales rivales de Enrico, quien en su informe no perdió oportunidad de desacreditar la obra de Nochistongo al mencionar que no había generado ningún provecho para la ciudad y enunciar múltiples inconvenientes presentados a lo largo de su desarrollo y otros tantos más que se provocarían de continuar con el proyecto.

La mayoría de los peritos consultados coincidieron de manera general con las observaciones realizadas por Arias, a lo cual Enrico hizo lo propio mediante la elaboración de un documento enviado al rey donde defendía su proyecto,

argumentando entre otras cosas que si bien las obras habían costado y costarían mucho trabajo, tiempo y dinero, el beneficio final sería mayor al salvar de nuevas inundaciones a la capital de la Nueva España, que en esos tiempos su ubicaba como el centro de comercio y negociaciones del virreinato.

Años después, en 1614, por iniciativa del rey es enviado a la Ciudad de México el ingeniero holandés Adrian Boot para realizar una inspección de la obra del desagüe y emitir su opinión; acompañado de Enrico, Boot realizó un recorrido a través de los diferentes componentes de la obra, finalmente redactó su informe donde descalificó las obras de Martínez al mencionar que no valían nada para evitar a la ciudad del riesgo de inundaciones, ni tampoco se podrían desaguar los lagos de México, San Cristóbal y Xaltocan.

En 1615, Enrico ofreció perfeccionar las obras y dejarlas completamente concluidas en un plazo de 2 años 3 meses. Ante esta propuesta la Audiencia, argumentando que Enrico Martínez había faltado en muchas ocasiones a sus ofrecimientos de ejecución de las obras y había rebasado ya el tiempo estipulado, exigió se le fijara una fianza de \$12,000, misma que debería ser entregada al día siguiente de la resolución.

El plazo tan corto establecido por la Audiencia dificultó a Enrico su cumplimiento, por lo que fue llevado preso, sin embargo solicitó su libertad a cambio de obligarse a cumplir lo prometido y dando como garantía la tercera parte de su salario.

Durante esos tiempos, Boot proponía fortificar la ciudad, cercando las calzadas y lagos; expulsando el agua con máquinas y abriendo cinco canales para dar salida a todas las aguas de la cuenca. Su propuesta fue rechazada por el virrey por dos principales razones: su costo era elevado y se sospechaba que sería de poca utilidad, por lo que se decidió continuar con la propuesta de Enrico Martínez una vez que se realizaran nuevas visitas y dictámenes a la obra.

Sin embargo, en 1623 los trabajos fueron detenidos nuevamente, cuando el nuevo virrey, Diego Carrillo Mendoza Pimentel visitó las obras para verificar su estado, realizó una serie de preguntas y pidió la opinión a quienes en ese momento lo acompañaban: Galdo de Guzmán, Simón Enríquez, Enrico Martínez, Adrian Boot, Jerónimo Farfán y el padre Francisco Ruano, llegando a la conclusión de que existían muchas confusiones y dudas en ciertos datos relacionados con la extensión de las lagunas del valle y sus niveles en temporada de lluvias y de secas, el caudal de los



Bóveda Real, último fragmento del túnel Enrico Martínez (Tajo de Nochistongo).

ríos y arroyos que las alimentan y la necesidad de desarrollar o no las obras de desagüe.

En consecuencia el virrey decidió suspender las obras y ordenó a Enrico Martínez destruir el dique que controlaba el paso de las aguas del río Cuautitlán hacia la laguna de San Cristóbal y el lago de Texcoco, provocando que el río volviera a su cauce natural, con el fin de ver si efectivamente el peligro era tan grande como se le había dicho.

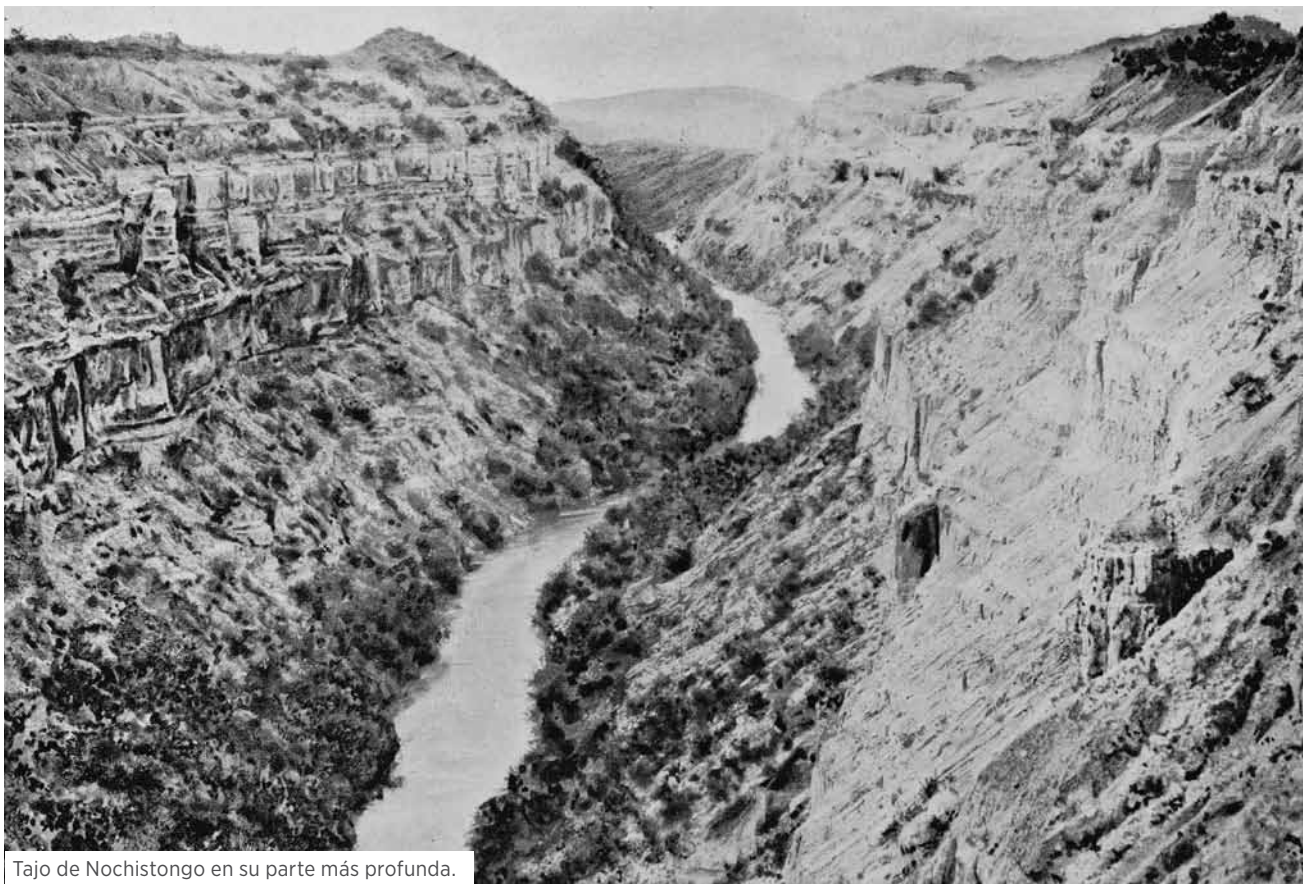
Esta drástica decisión causó el mayor desastre padecido por la ciudad hasta ese entonces: una inundación que, al tener una duración de 6 años, destruyó gran parte de las construcciones y provocó un decremento considerable de la población, corriendo el grave riesgo de desaparecer completamente, cuando el virrey ordenó su cambio de sitio; sin embargo el pueblo, cansado de la inexperiencia y soberbia del virrey, se sublevó y atacó el palacio virreinal, provocando la huida de éste.

Hacia 1628, Enrico Martínez envió al rey de España, Felipe IV, un informe denominado *Verdadera Relación*, en el que comentaba que eran pocos quienes hablaban positivamente del desagüe, ya que la población aborrecía esta obra debido a la contribución impuesta al vino para financiarla.

Como era de esperarse, el acatamiento de las imprudentes órdenes dadas por el virrey condujo a la elevación

de las aguas y al rápido llenado de los lagos, por lo que en 1629, después de una lluvia continua 36 horas, la Ciudad de México volvió a verse afectada por otra inundación en la que el nivel del agua alcanzó un promedio de dos metros y medio, provocando la destrucción de muchas propiedades y la emigración de muchas familias acomodadas, lo que generó grandes pérdidas económicas a la ciudad, sin dejar de mencionar el fallecimiento de cerca 30 mil personas por ahogamiento, por quedar sepultados o incluso por hambre.

En ese mismo año, debido a la mala condición en que quedaron las obras del desagüe del lago de Zumpango, por órdenes del entonces virrey Mendoza Pimentel en 1623, la cámara virreinal, que era opuesta a las ideas de Enrico Martínez, generó el rumor de que habiendo recibido dinero para cerrar algunas aberturas del albaradón. Rumorando que en lugar de emplearlo para este fin había cerrado la boca del desagüe, impidiendo con ello el paso de las aguas del río Cuautitlán y que, actuando sin orden ni licencia del entonces virrey Rodrigo de Pacheco y Osorio, había roto el vertedor, originando la entrada de las aguas de ese río al lago de Zumpango y de éste al lago de San Cristóbal y sucesivamente al lago de Texcoco, amenazando de esta manera a la Ciudad de México.



Tajo de Nochistongo en su parte más profunda.



Perfil de la latitud y profundidad de los tajos, socavones, obras interiores de las bóvedas de mampostería del Real Desagüe.



El virrey, considerando estas acusaciones, mandó a apresar nuevamente a Enrico Martínez, quien en su declaración se disculpó manifestando que la inutilización del vertedor y la obstrucción del socavón se debieron a los derrumbes y las fuertes avenidas que corrían en su interior, de una magnitud que él nunca había visto.

Sin embargo, esta declaración hecha por Martínez difería mucho de la realidad. La verdadera razón de realizar las acciones por las que se le acusaba, fue proteger las obras que tanto esfuerzo le habían costado, y que de haber sido utilizadas habrían quedado completamente destruidas, ya que no estaban concluidas en su totalidad.

Ante las lluvias amenazantes se le libera tres días después y se le ordena que repare los derrumbes y que hiciera todo lo posible por desviar y “encarcelar” al río Cuautitlán; sin embargo, era demasiado tarde para contenerlo, ya que la Ciudad de México sufriría la más devastadora inundación del virreinato, seguida por las consecuencias inevitables: la peste, la hambruna, el derrumbe de múltiples edificaciones y la interrupción del comercio y las rentas.

En 1630, pasadas las urgencias, se revisaron varios proyectos y se decidió continuar con el canal de Huehuetoca, iniciado por Enrico Martínez y tomó forma la idea de Simón Méndez para abrir un tajo abierto desde el molino de Ontiveros hasta Tequixquiac. Aunque su proyecto no se llevó a cabo en ese momento, marcó la ruta —con las modificaciones apropiadas— de lo que sería el Canal del Desagüe en los albores del siglo XX.

La idea de mudar a la ciudad fue retomada nuevamente, siendo el sitio preferido por el virrey la granja Sanctorum, entre Tacuba y Tacubaya, donde el suelo era firme y corrían los ríos Sanctorum y de Los Morales para abastecer de agua a la ciudad, sin embargo, muchos regidores se opusieron a abandonar el lugar.

Las críticas a la labor de Enrico Martínez continuaron; murió en 1632 y fue enterrado en el templo de Cuautitlán, siendo su última propuesta un canal que partiendo del lago de Texcoco y atravesando los de Xaltocan, San Cristóbal y Zumpango, hubiera podido ser el desagüe general de la cuenca de México, tal y como 300 años después sería la traza del Canal del Desagüe, 350 años después la del Emisor Central y 400 años después la del Túnel Emisor Oriente.

Posterior a la muerte de Enrico Martínez las obras de desagüe de la ciudad quedaron prácticamente en el olvido. Sin embargo, una vez nombrado virrey Lope Díez Aux de Armendáriz en el año de 1635, ejecutó como parte de sus acciones prioritarias, obras para la reparación de daños que habían sido provocados por la última inundación ocurrida y la continuidad de los trabajos de drenaje con el propósito de protegerla de nuevas eventualidades de este tipo.

Destaca también entre las acciones realizadas por Lope Díez el decreto para la elaboración de un documento que recopilaría toda la información relativa a las obras de desagüe realizadas desde la inundación de 1555, además de organizar una reunión con el propósito de analizar diversos aspectos relacionados con este tema, como eran la viabilidad de conservar el desagüe de Huehuetoca para aliviar las inundaciones de la ciudad y evaluar la posibilidad de ser convertido en un drenaje universal. De no ser factible, analizar si la ciudad podría mantenerse libre de inundaciones mediante acciones preventivas y reparaciones; finalmente, en caso de que no existiera ningún sitio que pudiese drenar toda la cuenca y tampoco fuese posible mantener la ciudad a resguardo de inundaciones, evaluar la conveniencia de su reubicación.

Durante 1637 se determina que el desagüe de Huehuetoca se hiciera a tajo abierto, para lo cual se incrementaría su profundidad y anchura con el propósito de que por él se pudieran desaguar además de las aguas del norte, que vertían sobre los lagos de Zumpango y San Cristóbal, también las de la laguna de México. Esta decisión dio un nuevo giro a los trabajos de desagüe al permitir abandonar el socavón, levantar los cielos de las bóvedas y dejar como reguera del tajo el antiguo paso subterráneo, siendo el responsable de estas tareas el padre Fray Luis Flores, quien fungió como superintendente de las obras durante poco más de 15 años.

Múltiples superintendentes, en los años posteriores, se ocuparon de las obras del desagüe a cielo abierto, logrando acciones como el desazolve del cauce del tajo y la construcción de medios de defensa para evitar el desbordamiento de los ríos. Esto permitió que en la temporada fuerte de lluvias de 1674 la ciudad apenas sufriera encharcamientos parciales en sus calles; sin embargo, el entonces superintendente, el sacerdote Manuel Cabrera, atribuyó el hecho a la misericordia de Dios y a los milagros de San Antonio, más que a la utilidad de los trabajos.

Cabrera fue removido de la superintendencia debido a que el fiscal del rey, Martín de Solís, convenció al virrey de que duplicando los gastos podría concluirse el desagüe en un año. Bajo la orden del sacerdote, se desmontaron ocho socavones que condujeron a nuevos derrumbes, caídos y hundimientos, azolvieron el tajo y carecían del desplante y pendiente adecuados para el escurrimiento del agua por gravedad.

El virrey nombró a Martín de Solís nuevo superintendente, cargo en el que sólo estuvo por siete meses debido a los constantes derrumbes, azolvamientos, muertes de los trabajadores y gasto inútil; a Solís le siguieron por diez años más personas poco instruidas que continuaban provocando accidentes en las obras debido a su mala dirección.

Ante esto, Manuel Cabrera fue nombrado otra vez superintendente en 1687 y un año después abandonó los socavones y continuó hasta su muerte, en 1691, con el tajo a cielo abierto.

Las décadas posteriores transcurrieron alternándose entre lapsos con fuertes lluvias, por lo general ocurridos cada 15 o 20 años, y periodos prolongados con ausencia de precipitaciones, en los cuales se acentuaba la presencia de derrumbes y el azolve de canales y acequias.

En 1714 se presentó otra inundación en la Ciudad de México, cuyas fuertes lluvias provocaron el rompimiento del ya deteriorado albarradón de Coyotepec, fluyendo las aguas del lago de Zumpango al de Xaltocan, posteriormente al de San Cristóbal y finalmente al lago de Texcoco. En esa ocasión se inundaron todos los barrios de México, excepto los del centro de la ciudad; sin embargo, las tareas de reparación se limitaron a conservar las obras construidas, retirar material derrumbado y reparar calzadas y albarradones.

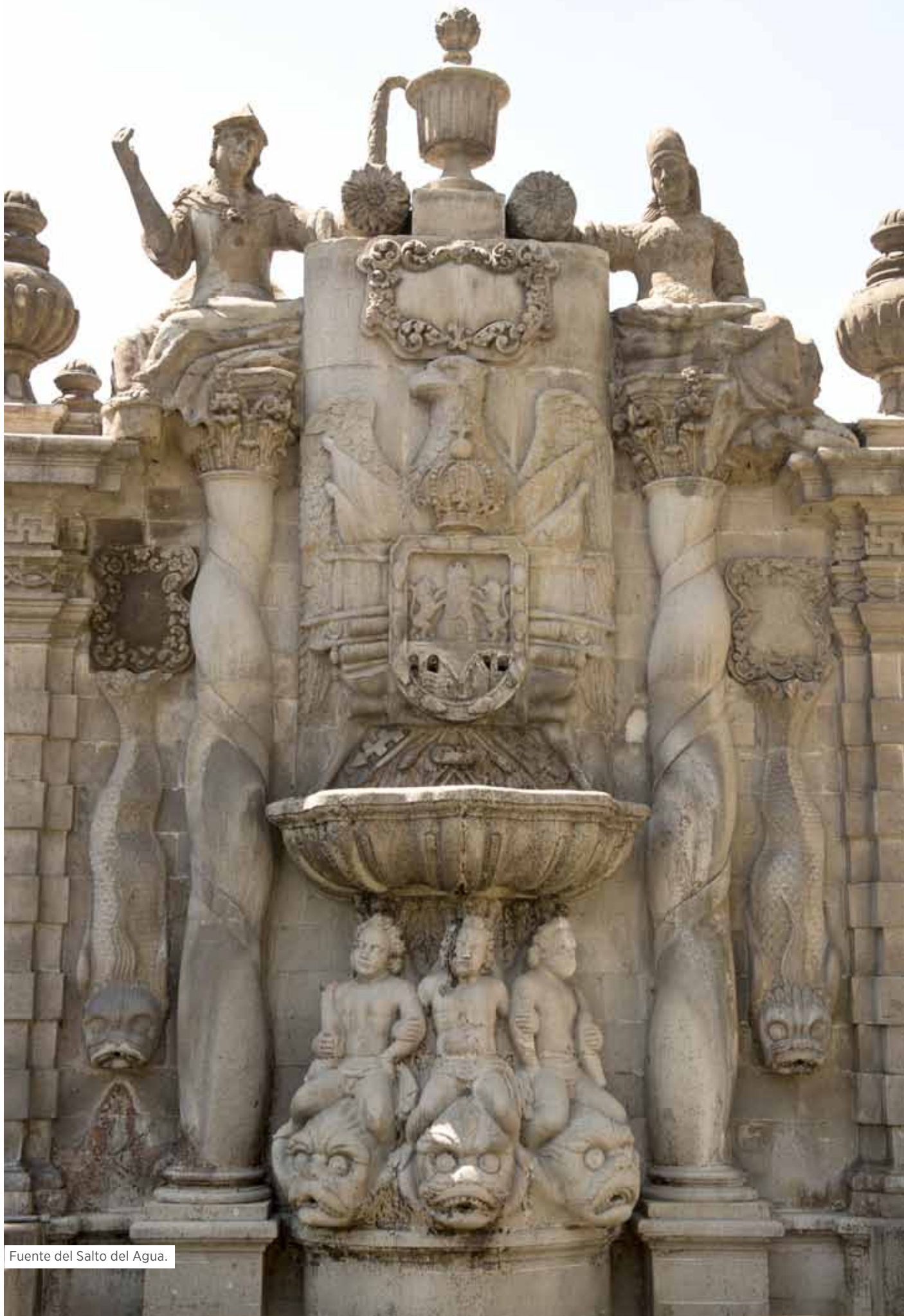
En 1724 un fuerte sismo derrumbó una gran cantidad de tramos de las obras del desagüe, por lo que el entonces virrey Juan de Acuña las puso en subasta pública para rematarlas al mejor postor al no ser suficientes las asignaciones del ramo y las cantidades extraordinarias que se pedían para efectuar las reparaciones. Sin embargo, no se presentó postura alguna.

Las precipitaciones de ese año provocarían más daños a las obras por lo que el virrey insistió en el remate público de los tramos afectados. Sólo recibió una postura en el año 1725, pero en condiciones poco ventajosas y económicas, por lo que las labores debieron continuar bajo la inspección del superintendente y cuidado directo del guarda mayor.

En 1763 los lagos se llenaron nuevamente, los escurrimientos provenían del sur, y al llenarse el lago de Chalco, vertió sus aguas sobre el lago de Texcoco, inundando los barrios de San Lázaro, La Candelaria y la Ciudad de México.

Años más adelante, durante su gobierno como virrey de la Nueva España, Carlos Francisco de Croix realizó una consulta para determinar si las obras de desagüe de Huehuetoca que estaban pendientes de realizar debían continuarse a tajo abierto o si deberían hacerse por otro sitio más adecuado, coincidiendo todos los peritos de la época en continuar los trabajos mediante la primera opción.

De esta manera, en 1767 el virrey ordenó la continuación de las obras a tajo abierto, lo que demandó la recaudación de una mayor cantidad de recursos para poder hacer frente al proyecto. Para lo cual ejerció un rédito e impuso contribuciones sobre rentas de casas, huertas y tierras, además de imponer aportaciones “voluntarias” a la clase alta según su generosidad, argumentando el bien común.



Fuente del Salto del Agua.

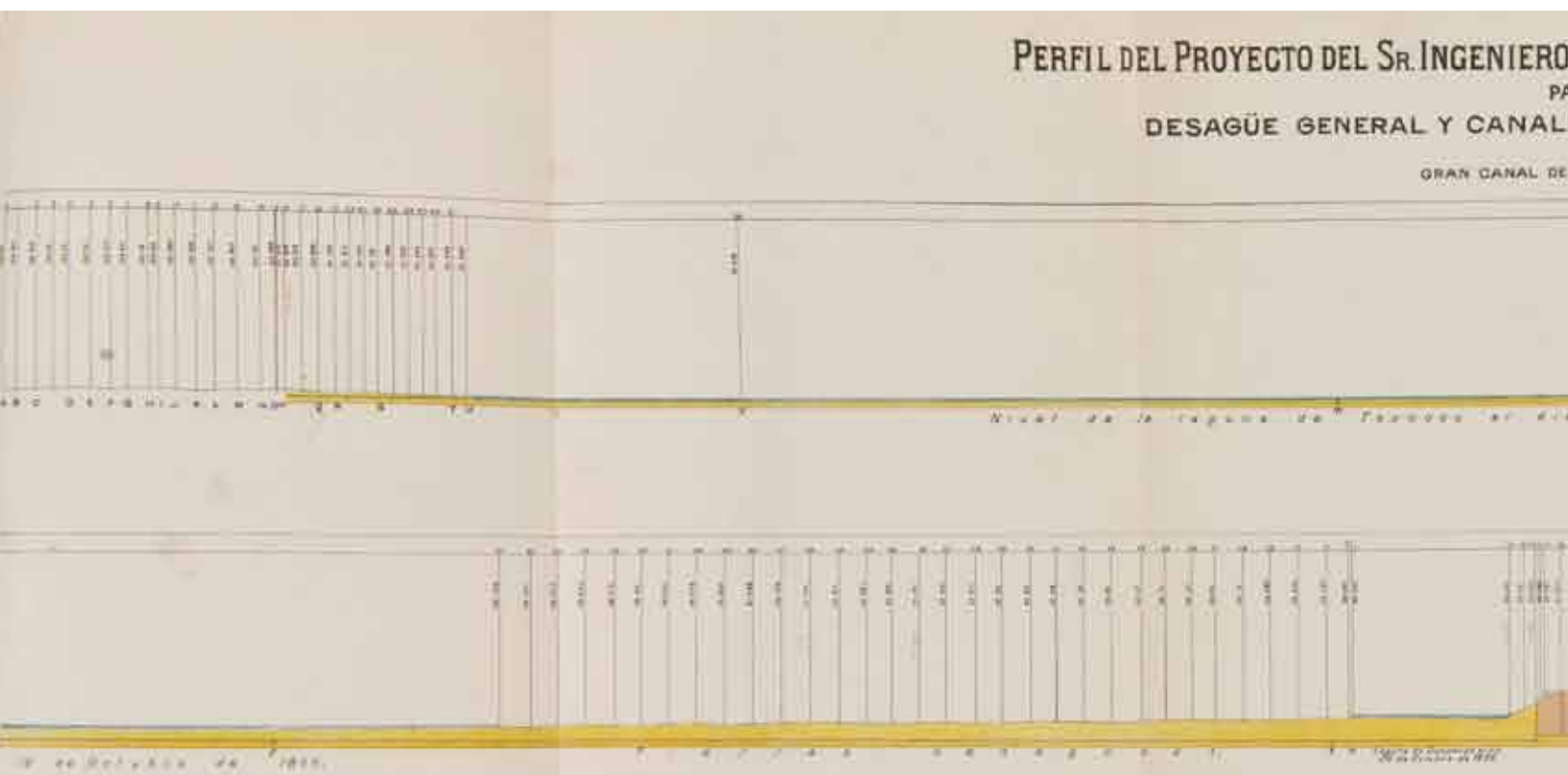
Para la ejecución de la obra realizó una licitación –o subasta– pública, adjudicando las obras al mejor postor; en este caso fue el Tribunal del Consulado de México quien ejecutaría la obra a un costo de 800 mil pesos y en un plazo de cinco años, comprometiéndose a cubrir los gastos adicionales que se generaran y a devolver el sobrante en caso de que no se agotara el presupuesto. Evidentemente, los cinco años de prórroga fueron insuficientes y los tiempos se fueron ampliando casi indefinidamente hasta 1788.

Finalmente, el 8 de junio de 1789, 181 años después del inicio de las obras, el gobierno de la Ciudad de México recibió el último tramo del tajo abierto del desagüe de Huehuetoca, con una longitud total de 12,986 metros.

Cabe mencionar que las obras de desagüe se concluyeron en un plazo mayor al estipulado en el contrato, además de que su diseño presentaba variaciones respecto a las especificaciones requeridas y a las recomendaciones de los peritos; ante esto, el superintendente en turno manifestó que ese hecho no afectaba el funcionamiento de las obras, ya que consideraba que seguían siendo insuficientes para resguardar a la Ciudad de México de una futura inundación, pero sí serían una gran defensa para las aguas que provenían de la zona norte, por lo que una vez más se hacía presente la necesidad de contar con un desagüe general, por mucho tiempo aplazado.

LONGITUDES DEL TAJO DE NOCHISTONGO

Responsable	Longitud excavada en metros
Enrico Martínez	5,873.00
Luis Flores	3,009.49
Martín de Solís	33.56
Manuel Cabrera, en sus dos épocas	1,824.44
Tribunal del consulado	2,246.00
Total	12,986.49



Perfil del proyecto del Sr. Ing. D. Francisco de Garay para el Desagüe General y Canalización del Valle de México (1856).

TERCER ACUEDUCTO DE LOS MANANTIALES DE CHAPULTEPEC (1650)

Al tiempo que se llevaban a cabo las obras de desagüe de la cuenca de México, alrededor del año de 1650 se construyó un tercer acueducto desde los manantiales de Chapultepec hasta la fuente conocida como Salto del Agua, misma que constaba de 904 arcos y poco más de 3 kilómetros de longitud, de los cuales sólo quedan vestigios en la actual avenida Chapultepec, ya que ese acueducto se destruyó en 1886.

Hasta 1860 el agua llegaba por el acueducto de Belén a la fuente del Salto del Agua, de donde la tomaban los distribuidores encargados del reparto de agua a las zonas periféricas. El agua no era potable ni se distribuía domiciliariamente.

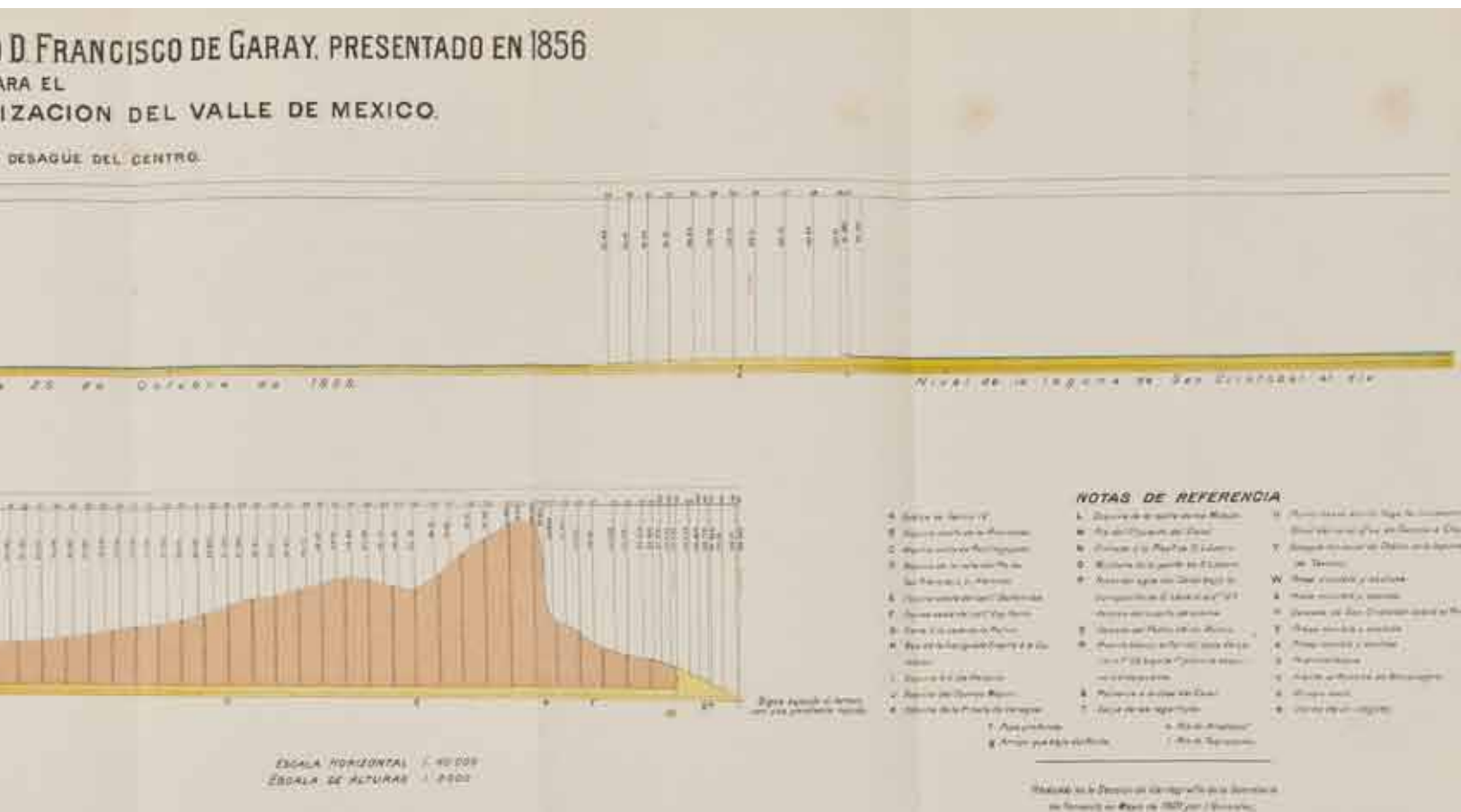
EL DRENADO DE LA CUENCA DE MÉXICO (1768)

El virrey Antonio María de Bucareli y Ursúa, en 1773 nombró como historiógrafo de las obras del desagüe a Joaquín Velázquez Cárdenas de León, quien encontró una cédula real de 1768 en la que se ordenaba determinar con exactitud la diferencia de nivel y la distancia entre el lago de Texcoco y el Salto de Tula, por lo cual se abocó a realizar

las nivelaciones y mediciones que lo llevaron a concluir que construyendo un canal desde el lago de Texcoco hasta el lago de Zumpango, y atravesando después mediante un túnel el cerro de Zitlaltepec, se podrían drenar todas las aguas de la cuenca de México; esta idea, que habría de ser eventualmente la traza del Canal del Desagüe, ya había sido propuesta en 1630 pasando inadvertida.

Posteriormente, en 1792, las lluvias volvieron a ser más intensas que el promedio y provocaron otra inundación de la ciudad, en esa ocasión las calles más afectadas se ubicaron en la zona centro, donde se habían sustituido los caños por atarjeas, denotando el peligro de más encharcamientos si continuaban las obstrucciones en las acequias, y confirmando que muchas de las atarjeas estaban construidas en un nivel superior que el piso de las casas y negocios.

En 1804, el virrey José Joaquín Vicente de Iturrigaray y Aróstegui ordenó la publicación de pregones para contratar las obras que era necesario desarrollar a fin de habilitar el desagüe directo del valle. Una de las propuestas recibidas contemplaba el desarrollo de un canal que empezaría al extremo noreste del lago de Texcoco, que atravesaría primero por las llanuras que se encuentran entre las montañas de Las Cruces, Ecatepec y Chiconautla, y después seguiría el canal por la hacienda de Santa Inés hasta encontrarse con el de Huehuetoca.



Aunque esta propuesta era la menos económica, rápida y eficaz que la ruta a través de Tequixquiac, el virrey la consideraba tan viable que insistió no sólo en llevarla a cabo, sino que además solicitó al rey ordenara que nadie pudiera modificarla. Una vez agotados los recursos, los trabajos de desagüe del valle a través de Nochistongo fueron abandonados.

En 1806 tiene lugar la primera inundación del siglo XIX, misma que no fue de grandes consecuencias pero que incentivó la prisa del virrey para realizar las obras decretadas de desagüe. Al no tener los fondos necesarios, se pidió en 1807 un préstamo al Tribunal de Minería, fondos que en realidad los había proporcionado de manera oculta el propio virrey, hecho que provocó su procesamiento por parte del fiscal de la real hacienda.

Ya durante la guerra de Independencia fueron desviados recursos asignados al drenaje para las maniobras bélicas, provocando en consecuencia el abandono de las obras. Para algunos, el riesgo de inundación de la Ciudad de México no había disminuido por las obras de Huehuetoca, sino por la escasez de lluvias de los últimos 30 años.

SALUD PÚBLICA Y AGUAS RESIDUALES (1815)

A pesar de los pocos avances logrados en materia de desagüe en la Ciudad de México, algunas personas aportaban alternativas en proyectos de drenaje, como fue Pascual Ignacio Apecechea; quien afirmaba afectaciones a la salud de la población y el debilitamiento de los cimientos de los edificios, el cual era provocado por la desecación que estaban sufriendo los lagos. Propuso la apertura de una fosa alrededor de la Ciudad de México y de tantos canales como fueran necesarios para drenar prudentemente los lagos y destinar esos terrenos a la agricultura, dando curso a las aguas sobrantes a través de un canal de desagüe general y navegación desde Chalco hasta Huehuetoca por la cuesta de Barrientos; la falta de recursos económicos hizo que esta propuesta fuera desechada.

Por el año de 1870, al desagüe se le añadió el concepto de alcantarillado sanitario utilizado hasta nuestros días. Destaca que en esa época el nivel del lago de Texcoco superaba al de las propias atarjeas, las cuales, lejos de presentar una pendiente constante a su favor, estaban ubicadas a contrapendiente, conteniendo incluso desniveles que provocaban el estancamiento de los desechos humanos, lo cual en su conjunto fue causa de fuertes problemas de insalubridad y de un alto incremento en los índices de mortandad.

OBRA HIDRÁULICA EN LOS SIGLOS XIX Y XX

Después de la firma del Tratado de Guadalupe Hidalgo, en 1848, el gobernador del Distrito Federal nombró al ingeniero Francisco de Garay como director de los trabajos para reparar el canal de Mexicaltzingo, pero sus recomendaciones no fueron atendidas. Tampoco se llevaron a cabo las propuestas del teniente M. L. Smith, comisionado por la Asamblea Municipal; es decir, en materia de drenaje no se ejecutó ninguna recomendación contribuyendo a la inundación parcial en 1851.

Continuando con la búsqueda de un proyecto de desagüe general y permanente que contribuyera a evitar las inundaciones en la Ciudad de México, y reconociendo que el río Cuautitlán y el tajo de Nochistongo eran insuficientes para drenar los gastos máximos, en 1856 la Junta Menor de las Obras del Drenaje publicó una convocatoria en la cual invitaba a todos los peritos, con un incentivo de 12,000 pesos, a la presentación de un proyecto que considerara los siguientes aspectos:

- El control y la conducción de las aguas que escurren en la cuenca y las que estaban almacenadas en la misma, a fin de que la capital y las poblaciones vecinas quedaran libres de manera permanente del riesgo de una inundación.
- La liberación de obstáculos que pudieran estancar las aguas en el alcantarillado y el drenaje, buscando además que una corriente circulara de manera permanente por éstos, a fin de arrastrar los residuos de manera continua y evitar los trabajos de limpieza anual.
- Construir el mayor número de canales de transporte y comunicación en todas las direcciones y, de ser posible, que circularan por las rutas que seguía el comercio, tanto a los puertos como al interior de la república.
- Aprovechar de manera simultánea el mayor volumen posible de agua para la agricultura de riego en la cuenca de México.

Siete fueron las propuestas recibidas, entre las que se encontraba la de M. L. Smith, quien propuso abrir un canal desde el lago de Texcoco hasta Tequixquiac, retomando la propuesta realizada por Simón Méndez en 1603 y detallada más adelante por Joaquín Velázquez de León en 1773; propuso también conservar el agua del lago de Texcoco y sólo impedir que se elevara su nivel y amenazara con inundar la ciudad.

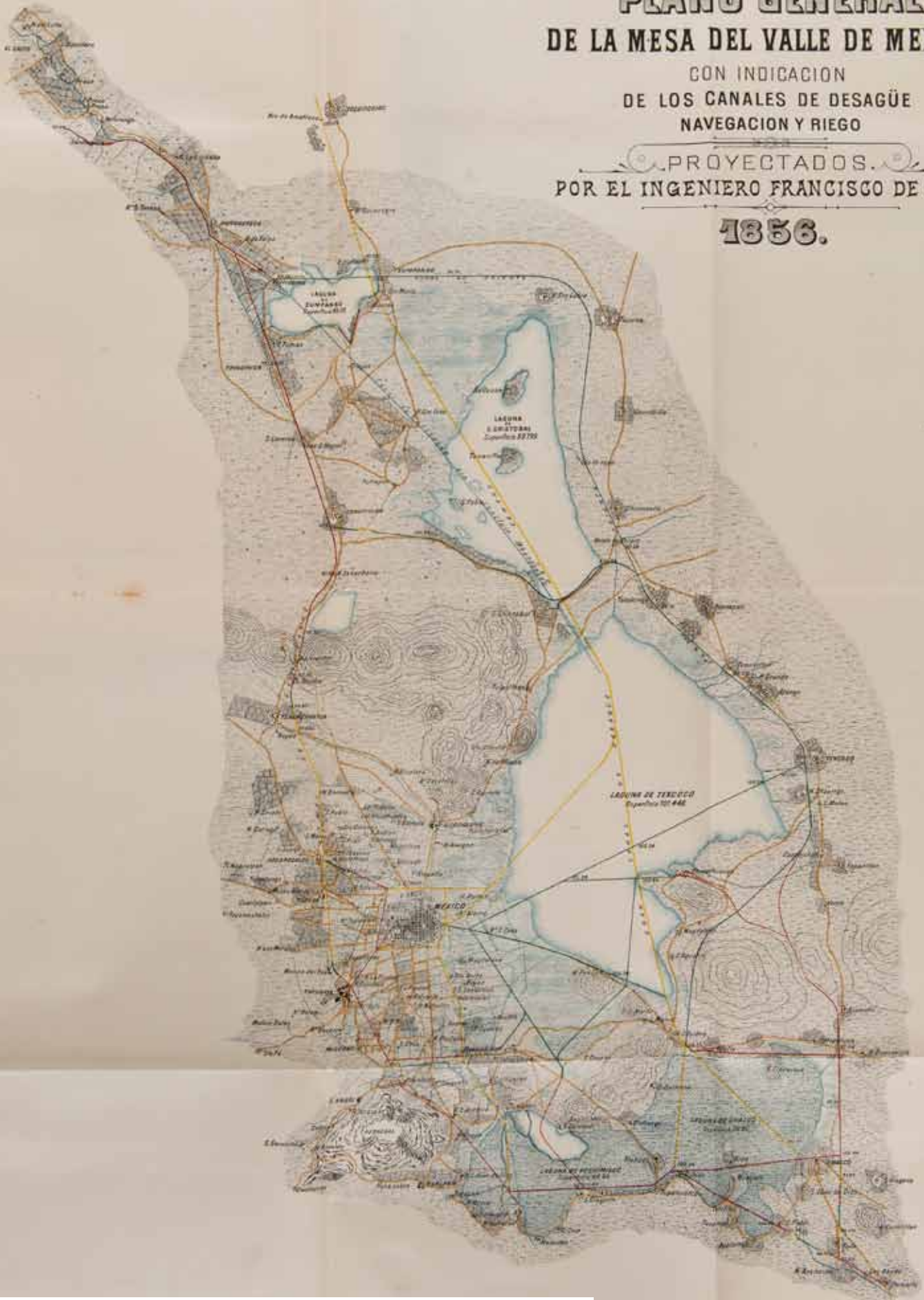
La propuesta ganadora fue la del ingeniero Francisco de Garay, vocal de la Junta, quien recibió la encomienda de revisar minuciosamente la idea de M. L. Smith; en un claro conflicto de intereses la criticó fuertemente para defender su propio plan, el cual consideraba la construcción de un canal principal de desagüe para el control de inundaciones y otros canales secundarios para el transporte fluvial

PLANO GENERAL DE LA MESA DEL VALLE DE MEXICO

CON INDICACION
DE LOS CANALES DE DESAGÜE
NAVEGACION Y RIEGO

PROYECTADOS.
POR EL INGENIERO FRANCISCO DE GARAY.

1856.



Plano general de la mesa del Valle de México con indicación de los canales de desagüe, navegación y riego proyectadas por el Ing. Francisco de Garay (1856).



Vista aérea del Gran Canal.

y actividades de riego. La propuesta original fue simplificada dejando fuera el concepto de los canales secundarios, para dar paso a lo que hoy conocemos como el Gran Canal de Desagüe.

En la temporada de lluvias de 1865 la precipitación en el centro de la Ciudad de México fue de 1,011 milímetros, cuando en promedio no rebasaba los 605 milímetros, provocando que los niveles de los lagos de Texcoco, San Cristóbal y Zumpango se elevaran considerablemente. Como consecuencia, Francisco de Garay, quien había sido nombrado por Maximiliano de Habsburgo “Director exclusivo y responsable e inspector de todos los trabajos en relación con la cuestión de las aguas en el Valle de México”, construyó el dique de Culhuacán para contener el escurrimiento al lago de Texcoco proveniente del sur; con ello fue bajando paulatinamente su nivel pero el represamiento hizo elevar el nivel de los lagos de Chalco y Xochimilco. Asimismo, mandó elevar la cortina del dique de San Cristóbal, lo cual provocó que este lago y el de Zumpango se hicieran uno solo con el de Texcoco; la superficie cubierta por el agua en la cuenca de México se duplicó.

GRAN CANAL DE DESAGÜE

En 1866 Francisco de Garay comenzó formalmente los trabajos del Gran Canal del Desagüe considerando el trazo que había hecho M. L. Smith, ya que a pesar de haber sido seleccionada su propuesta 10 años antes, no había recibido el premio y por tanto no la podía utilizar. Sin embargo, los trabajos se limitaron al deslinde e indemnización de una faja de terreno de 100 metros para conducir los materiales necesarios. Los trabajos se reducen al elaborado por el director de las obras, el ingeniero José Iglesias, quien calculó que el túnel de Tequixquiac debería tener una capacidad de 41 metros cúbicos por segundo para evacuar las avenidas extraordinarias, en vez de los 35.25 que había calculado De Garay.

Hasta 1867 el emperador Maximiliano de Habsburgo autorizó el proyecto definitivo para desalojar el agua de los lagos, y ese mismo año que De Garay recibe el premio al que se había hecho acreedor, con lo que se retoma su proyecto original, pero los trabajos se suspendieron debido a la Guerra de Reforma, con lo que se dio fin a la administración de este emperador.



Construcción del Gran Canal del Desagüe de la Ciudad de México, Km 7.

La ejecución de esta importante obra sería retomada años más tarde durante el mandato del presidente Porfirio Díaz, quien mostró gran interés por el tema del desagüe al grado tal de considerarlo como una de sus prioridades de gobierno, creando en consecuencia la Junta Directiva del Desagüe del Valle de México y optando por concesionar los trabajos a empresas que tuvieran la capacidad de ejecutarlos. El arranque en firme de los trabajos del Gran Canal se postergó hasta 1885, año en que fue nombrado el ingeniero Luis Espinosa como titular de la Junta Directiva, y el ingeniero José Iglesias como responsable de la dirección de las obras.

La construcción de esta importante obra de desagüe tuvo como propósito principal reducir el agua que se vertía al lago de Texcoco, con un nivel más bajo, proveniente de los lagos de San Cristóbal, Xaltocan y Zumpango, receptores del río Cuautitlán, tal desagüe desembocaría al río Tula y sus afluentes, el Moctezuma y el Pánuco, lo que permitiría conducir el agua por 300 kilómetros desde la cuenca hasta el Golfo de México.

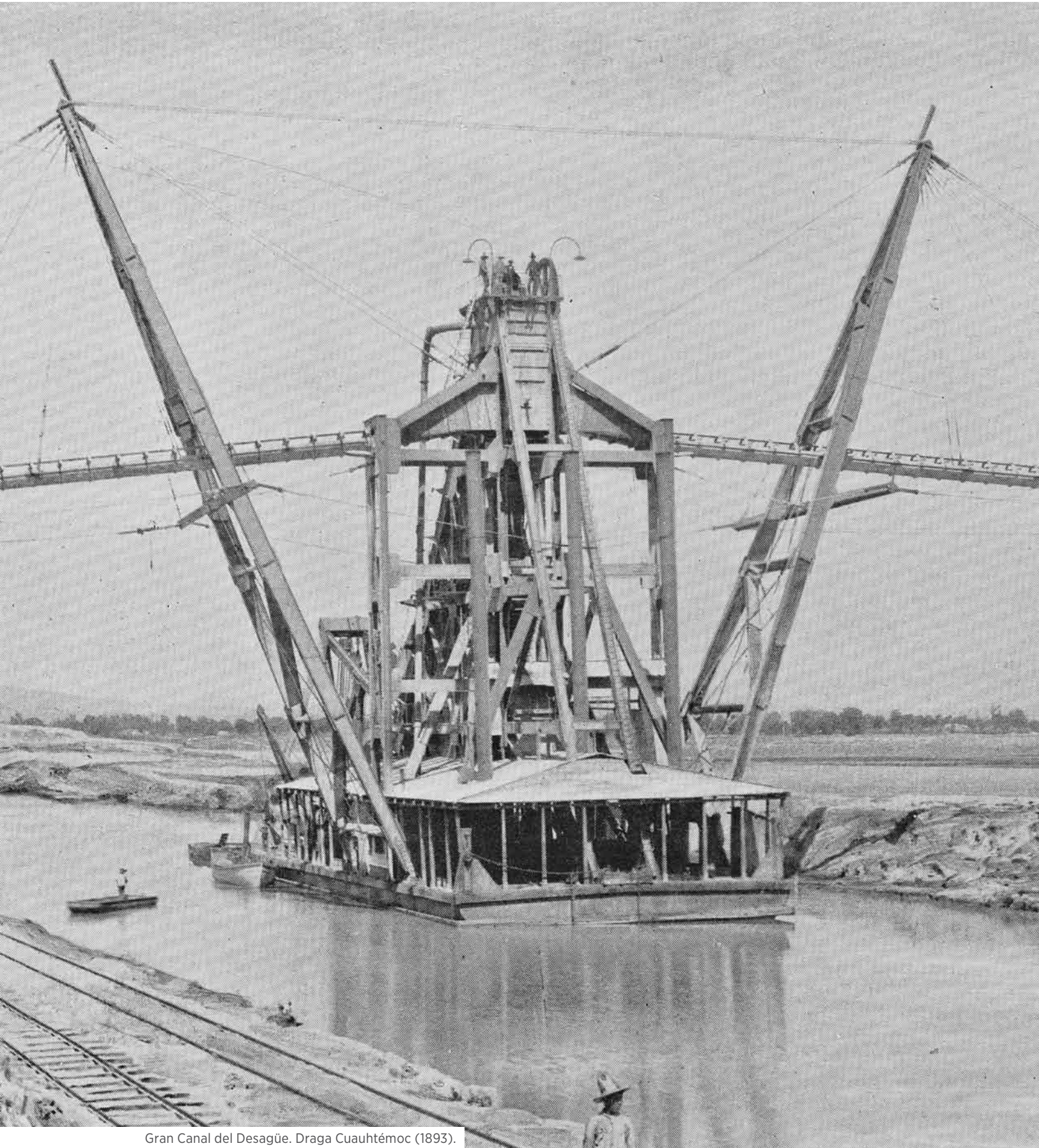
Así, el Gran Canal de Desagüe se conformó por tres elementos principales; primero: la construcción de un canal de 47.5 kilómetros de largo que iniciaba al oriente de la ciudad, en la Garita de San Lázaro, para atravesar el lago

AVANCES ANUALES DEL GRAN CANAL

Año	Volumen total excavado (m ³)	Avance de excavación (m ³)	Ejecutor
1886	184,085	184,085	Junta directiva
1887	411,817	227,733	Bucyrus
1888	817,917	335,227	Bucyrus
1889	2,197,200	1,379,283	S. Pearson & Son
1890	2,702,160	504,960	S. Pearson & Son
1891	4,147,528	1,445,368	S. Pearson & Son
1892	6,794,197	2,646,669	S. Pearson & Son
1893	7,988,533	1,194,336	S. Pearson & Son
1894	9,588,239	1,481,886	S. Pearson & Son
		117,819	Read & Campbell
1895	10,740,643	1,093,703	S. Pearson & Son
		58,702	Read & Campbell
1896	11,056,427	315,784	S. Pearson & Son
1897	11,112,975	56,548	S. Pearson & Son
1898	11,365,762	252,787	Junta directiva
1899	11,414,086	48,324	Junta directiva

AVANCES PROMEDIO MENSUALES DEL TÚNEL DE TEQUIXQUIAC

Época	Número de meses	Promedios mensuales (m)		
		Galería	Revestimiento	
			Bóveda	Cubeta
1ª administración de la junta directiva Febrero 1 de 1886 a marzo 25 de 1889	38	46.83	38.96	41.59
Contratos diversos de 1889 a octubre 31 de 1891	31	78.81	70.34	82.06
Régimen provisional. de 1891 a febrero de 1892	4	108.98	86.03	84.70
2ª administración de la Junta directiva. Marzo 1 de 1892 a diciembre 31 de 1894	34	145.25	166.45	163.48



Gran Canal del Desagüe. Draga Cuauhtémoc (1893).

de Texcoco y pasar por los lagos San Cristóbal y Xaltocan, hasta concluir cerca del pueblo de Zumpango.

Segundo: la construcción de un túnel que iniciaba en este último punto y culminaba en Tequixquiac, con una longitud de 10.2 kilómetros cuya sección transversal era de forma oval, contando a lo largo de su trayecto con 24 lumbreras que fungían como respiraderos.

Y tercero: el desarrollo de un tajo de salida ubicado al final del túnel cuya extensión era de 2.5 kilómetros y que se unía al final de su trayecto con el río Tequixquiac.

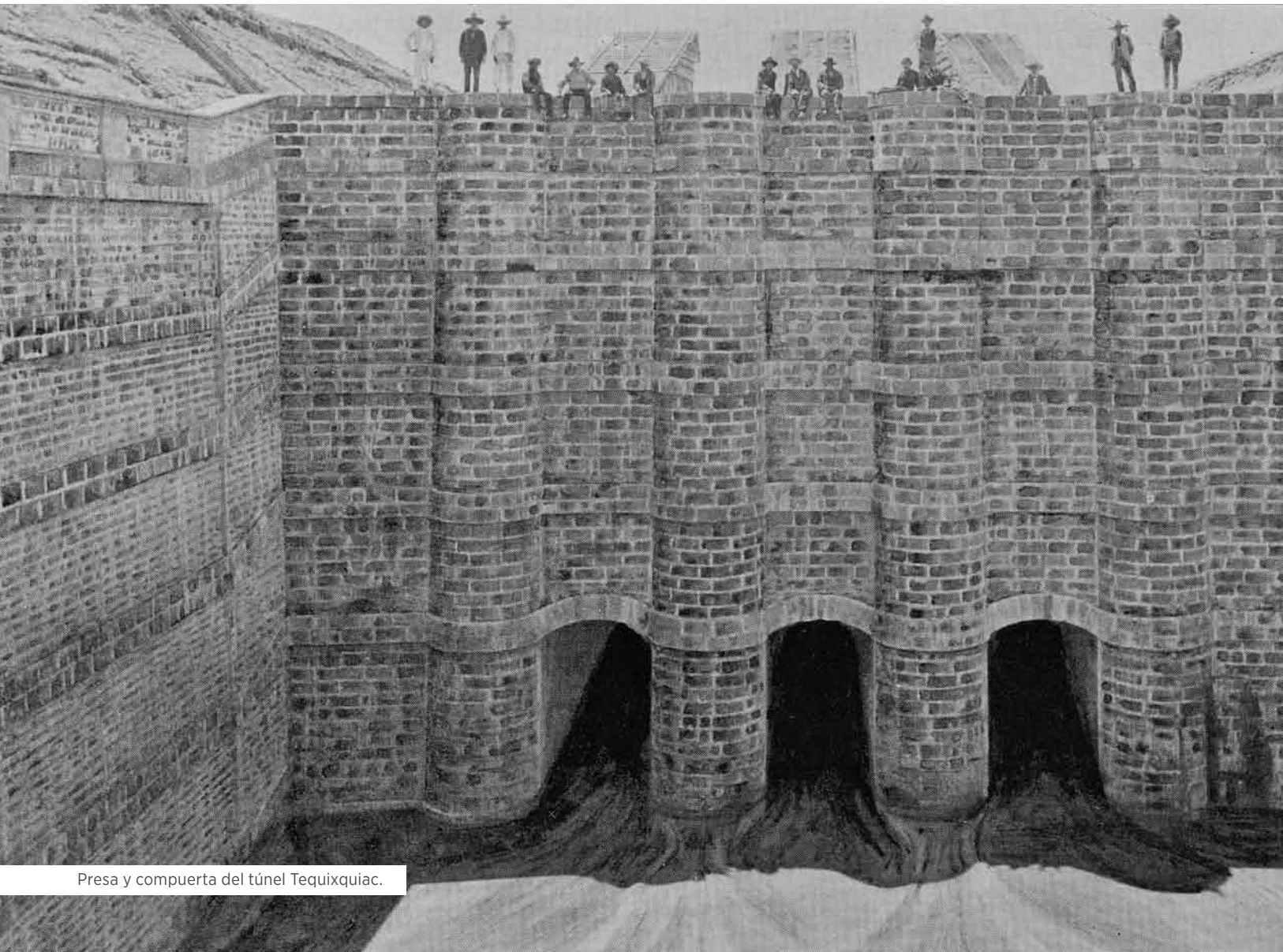
En el año 1894 se concluyó la construcción del túnel, hasta un año después se llevó a cabo una prueba preliminar del funcionamiento del desagüe, con la asistencia del presidente Porfirio Díaz, generándose durante la misma derrumbes en diferentes puntos de la excavación que demandarían trabajos extras para su remoción.

A finales de 1897 se recibieron los trabajos del Gran Canal, quedando pendiente remover algunos escombros

de los primeros 20 kilómetros del canal; más adelante las lluvias de 1899 azolvarían nuevamente esta obra, por lo que se hicieron escurrir por ahí las aguas pluviales sin estar totalmente concluido.

Finalmente, a principios de 1900 fue concluido el Gran Canal. El 17 de marzo del mismo año este sistema de desagüe fue inaugurado oficialmente por el presidente Porfirio Díaz, levantando las compuertas de San Lázaro para dar cauce a los residuos y a las aguas de la ciudad, entregándose así la obra a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Esta obra, que destacó por su magnitud y por ser la primera red de drenaje por gravedad, demandó la labor de una gran cantidad de personal y la aplicación de importantes recursos económicos provenientes de los diferentes niveles de gobierno, destacando la utilización de la tecnología y las técnicas más modernas de la época.



Presas y compuerta del túnel Tequixquiac.

En contraparte, su capacidad y resistencia eran apenas suficientes para la demanda de desalojo que existía a principios del siglo XX, por lo que su funcionalidad requería de importantes inversiones en mantenimientos y el continuo desarrollo de trabajos de reparación, mejoramiento y ampliación.

Este proyecto de desagüe consideró también un plan de saneamiento de la ciudad, que incluyó la construcción de una red de alcantarillado cuyas aguas residuales se arrojarían al Gran Canal y al lago de Texcoco, el cual fue concluido en el año de 1930. Se adoptó un sistema combinado que arrojaba aguas residuales y pluviales residenciales e industriales en un mismo conducto, lo que permitió al gobierno porfirista presumir dos logros: eliminar los riesgos de las inundaciones y reducir los índices elevados de mortalidad que prevalecían por las condiciones insalubres del entorno.

Sin embargo, el primero de esos logros no sería alcanzado del todo, ya que la puesta en marcha del Gran

Canal de Desagüe no resolvería de raíz el problema de las inundaciones, pero sí contribuiría a reducir de manera significativa la frecuencia y magnitud de las mismas.

Esto pudo ser visible a tan sólo cuatro meses de haberse inaugurado esta obra porfirista; al presentarse una nueva inundación en la Ciudad de México sin dejar daños considerables, provocada por el desconocimiento hidrológico de Luis Espinosa al desestimar información relevante de las avenidas extraordinarias y diseñar la capacidad del túnel de Tequixquiac para avenidas ordinarias, aunado a las restricciones presupuestarias que inhibieron la construcción de obras mayores.

Otras inundaciones más sucedieron en la parte suroeste de la ciudad, en las áreas de: San Lázaro y Niño Perdido, así como en los sectores de Bucareli, Peralvillo, La Merced, Mixcoac y La Piedad, esta última ocurrida en plena celebración del centenario de la Independencia, en los años 1901 y 1910 respectivamente.



General Porfirio Díaz.



Desagüe del Valle: Boca de salida del túnel Tequixquiac.

REÚSO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES DE LA CUENCA DE MÉXICO (1881)

A la vez que eran desarrolladas las obras del Gran Canal, uno de los beneficios generados por la extracción del agua de la cuenca de México fue el aprovechamiento de las aguas residuales y pluviales para la agricultura de riego en el valle del Mezquital, que en aquel entonces eran terrenos secos sin cultivar.

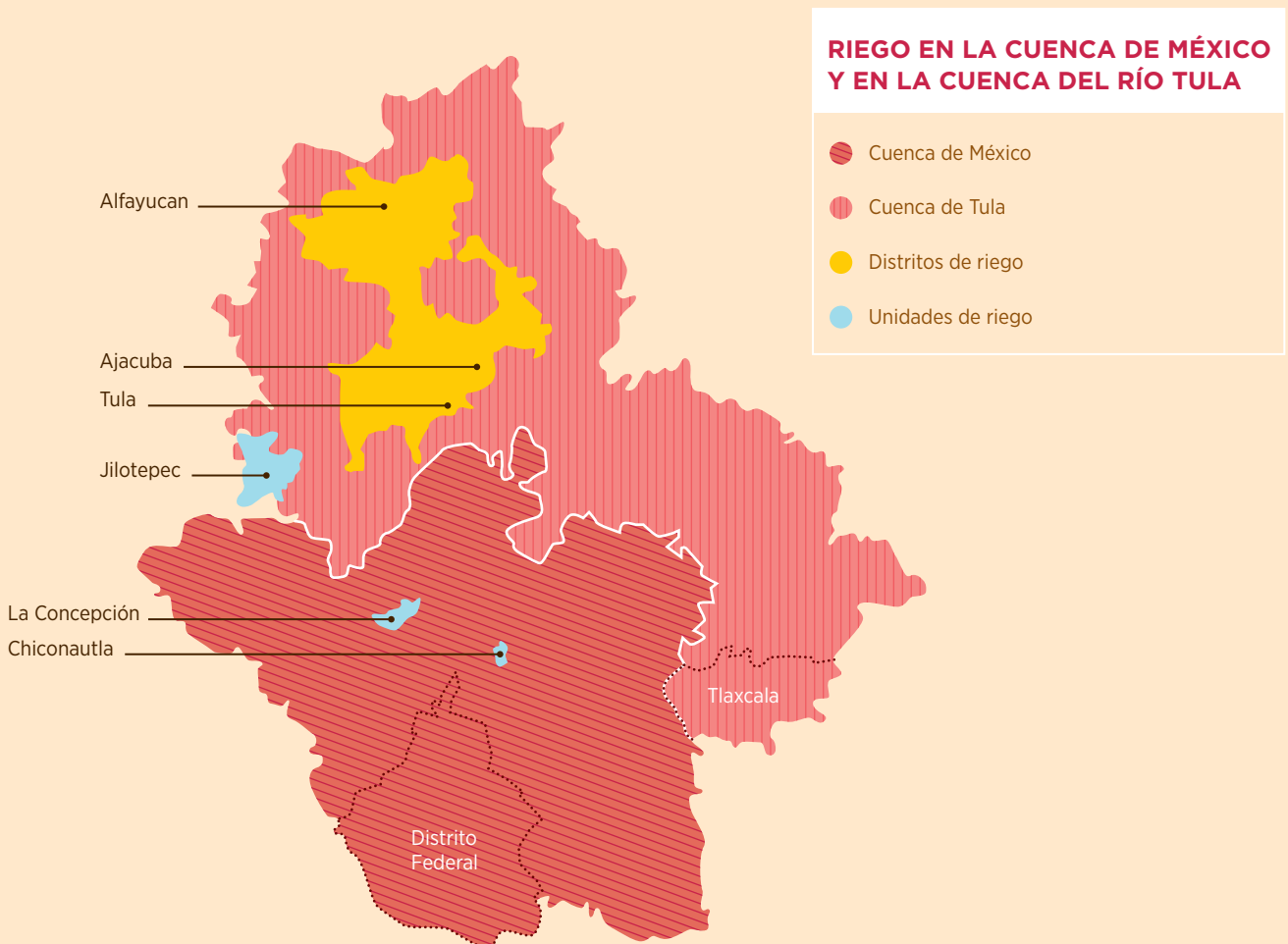
Desde 1881, la Secretaría de Fomento en representación del Ejecutivo de la Unión, había concedido a Antonio Mier y Celis una concesión por 50 años para el aprovechamiento y la libre explotación de las aguas procedentes del desagüe, con el fin de que las empleara en el riego de los terrenos, dando al particular libertad para hacer, fuera de la cuenca de México, los acueductos, canales y demás obras que fuesen necesarios para el mejor aprovechamiento de dichas aguas.

En 1886 la Junta Directiva tuvo conocimiento de que la legislatura del estado de Hidalgo había aprobado un

contrato celebrado por el ejecutivo de esa entidad con un particular para abrir un canal desde el río Tula hasta el valle de Ixmiquilpan, cuya redacción inquietó al especificar que: “Luego que entren al río Tula, y por consiguiente al dominio del Estado, las aguas que por el Desagüe del Valle de México ingresen al río de que se trata, se le conceden en propiedad al C. Pablo Chávez, con el objeto de usarlas en el riego y demás industrias que puedan establecerse”.

La Junta Directiva no sólo consideraba que la asignación de los derechos de uso del agua provenientes del desagüe era su atribución, sino que esperaba obtener un beneficio económico para resarcir los gastos en que incurrieran el gobierno federal y el municipio de la Ciudad de México.

Por otra parte, tanto los vecinos como los gobernantes de los municipios de Actopan, Ixmiquilpan, Mixquiahuala y Tula, en el estado de Hidalgo, solicitaban la concesión del uso de las aguas que llegarían al río Tula después de transitar por el tajo de Tequixquiatic, ya sea por renta, venta o como mejor conviniera, proponiendo para ello la prolongación del canal hasta los terrenos.



LAS AGUAS NACIONALES (1894)

En 1894 se publicó el decreto del Congreso Federal que autorizó al Poder Ejecutivo Federal para que, de acuerdo con la Ley Sobre Vías Generales de Comunicación de 1888, otorgara concesiones a particulares y a compañías con la finalidad de aprovechar mejor las aguas de jurisdicción federal en riegos y en la industria. De esta forma, los particulares pudieron recibir concesiones de aguas, particularmente los grandes terratenientes y los hacendados.

En 1910 se emitió la Ley Sobre Aprovechamientos de Aguas de Jurisdicción Federal que, además de ser la primera ley de aguas propiamente dicha, introdujo las declaratorias de aguas de jurisdicción federal, que si bien no otorgan la propiedad de las aguas, sirvieron para que el gobierno federal comenzara a otorgar concesiones de uso del agua, consolidando así su atribución legal para administrar todos los cuerpos que habrían de ser aguas nacionales. El artículo 47 de esta ley instauró el cobro de impuestos por el uso de las aguas de jurisdicción federal, despojando con ello las rentas que los ayuntamientos habían recibido durante una buena parte del siglo XIX.

SUMINISTRO DE AGUA EN EL SIGLO XX

Los dos acueductos, el de Chapultepec y el de Santa Fe, abastecieron de agua a la Ciudad de México durante todo el periodo colonial y hasta fines del siglo XIX, cuando el agotamiento de los manantiales hizo necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento que permitieran cubrir la demanda de agua generada por el crecimiento urbano de la capital y mejorar la calidad de la misma, ya que durante esa época las redes de distribución se encontraban muy deterioradas, provocando variaciones en la presión, contaminación y fugas del recurso.

En este contexto, el Ayuntamiento aprobó que el ingeniero Manuel Marroquín y Rivera llevara a cabo los estudios necesarios para contar con un suministro de agua potable suficiente y puro, y que posteriormente se verían concretados con la construcción de un acueducto que conduciría el agua proveniente de los manantiales de Xochimilco.

La proyección y ejecución de este proyecto inició con la identificación de nuevas fuentes de abastecimiento para la ciudad, siendo los más viables los manantiales: La Noria, Nativitas, Santa Cruz y San Luis, ubicados en Xochimilco,



Planta de bombeo Xotepingo.

y cuyos volúmenes de agua extraídos alcanzaron más de 2,300 litros por segundo en promedio. Sumados a los volúmenes de agua extraídos de los manantiales de Chapultepec y de Santa Fe, que eran de 250 y 80 litros por segundo, respectivamente.

Posteriormente, el reto de este nuevo sistema de abastecimiento fue el inicio de la construcción, en 1905, del acueducto que conduciría las aguas hasta las redes de distribución de la ciudad, el cual fue fabricado de concreto y recorría desde San Luis Tlaxialtemalco hasta la colonia La Condesa, contando con un diámetro de 1.5 metros y una longitud de 33 kilómetros. Adicionalmente el proyecto consideró el trazo de la línea de conducción, los trabajos de levantamiento e instalación de los depósitos de almacenamiento del Molino del Rey, la construcción de la planta de bombas de La Condesa y las obras para tender la nueva red de tuberías para la distribución del líquido.

Una vez concluido este sistema, que utilizaba por vez primera la gravedad para la distribución del recurso, tenía la capacidad de abastecer a una población de 450,000 personas y registrar un consumo máximo de agua de 4,200 litros por segundo.

Años más adelante, la población de la Ciudad de México continuaría su crecimiento, por lo que el ingeniero José A. Cuevas quiso mostrar la proporción directa que existía entre el incremento de la población y el aumento de la extracción de aguas subterráneas y el consecuente hundimiento de la ciudad. Estudio que provocó que a partir de 1940 se decretara una veda de aguas subterráneas que prohibía la perforación de nuevos pozos en la zona lacustre, tratando de concentrar todas las extracciones del acuífero en la zona de transición, sin embargo, la presión para extraer el agua subterránea era demasiada debido a que el agua de Xochimilco ya resultaba también insuficiente.

SISTEMA LERMA

Ante la necesidad permanente de contar con nuevas fuentes de abastecimiento y reducir el impacto por la extracción del agua del subsuelo, el presidente Manuel Ávila Camacho decidió comenzar la construcción de un sistema que permitiera llevar más agua a la Ciudad de México; esta vez fuera de las cuencas del propio valle,



Puente de las tranvías del Peñón, km 1, salida al norte. Gran Canal.



Cárcamo de Dolores y fuente de Tláloc ubicados en el Bosque de Chapultepec.

al provenir de los manantiales de la laguna de Lerma en el Valle de Toluca.

El desarrollo de esta importante obra hidráulica fue realizado en diferentes etapas, mismas que incluyeron obras de captación de aguas superficiales en Almoloya del Río, Texcaltenango y Alta Empresa, así como la construcción de cajas empotradas en las rocas de Ameyalco, en el Estado de México. También se captaron aguas subterráneas mediante una galería filtrante de concreto en la ladera de una laguna en Almoloya y se perforaron 5 pozos con profundidades que variaban entre 50 y 308 metros.

Se construyó además un acueducto de concreto de 2.5 metros de diámetro y 62 kilómetros de longitud para conducir, a partir de 1951 y por primera vez desde una cuenca circunvecina, 4 metros cúbicos por segundo; la obra fue inaugurada en 1952 e incluyó un sistema de almacenamiento y distribución ubicado en la segunda sección del Bosque de Chapultepec.

GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Al concluir el sistema general de desagüe durante el mandato de Porfirio Díaz, se pensó que la problemática de las inundaciones en la ciudad ya había sido resuelta, lo cual estaba lejos de ser cierto. Éstas seguían presentándose de manera recurrente; este hecho puso de manifiesto que además del Gran Canal de Desagüe y el túnel de Tequixquiac, era necesario el desarrollo de un proyecto adicional de desagüe en la Ciudad de México.

De esta manera, en 1888 el Ayuntamiento de la Ciudad de México comisionó al ingeniero Roberto Gayol el estudio de un nuevo sistema de alcantarillado que permitiera proteger a la ciudad de las constantes inundaciones, sin embargo, su propuesta fue más allá al sugerir que las acciones de saneamiento contemplaran también el arrojamiento de los desechos fuera del Valle de México.

La obra ideada por Gayol consideraba una red de alcantarillado que captaba las aguas de desecho y las de drenaje pluvial y las vertía hacia 5 colectores que corrían de poniente a oriente, para desembocar en un colector mayor construido en dirección norte-sur, conectando en el último de su trayecto con el Gran Canal de Desagüe.

La obra en sí misma representó un gran avance para la ingeniería hidráulica del país, pero los estudios del ingeniero Gayol permitieron identificar un problema aún mayor,

ya que al revisar los niveles de los principales colectores, notó que muchos de ellos estaban 50 centímetros por debajo de su diseño de construcción original, por lo que una gran cantidad de alcantarillas tenían pendientes menores que las prescritas. Las diferencias en las magnitudes del hundimiento habían causado el desplazamiento de la red de alcantarillado y se formaban columpios y contrapendientes en los colectores y emisores que alimentaban al canal del desagüe, y eso provocaba las constantes inundaciones.

Esa fue la primera evidencia de que la Ciudad de México y, de hecho, una vasta zona de la cuenca de México se estaba hundiendo, a este hecho no se le dio suficiente importancia, ya que se creía que debido al terreno fangoso muchos edificios estaban ladeados, desechando la idea de que la red de alcantarillado había estado mal diseñada o construida.

La única manera de hacer funcionar el canal del desagüe era mediante bombeo que demandaba la conexión permanente a varios circuitos eléctricos con el fin de disminuir el riesgo de una falla eléctrica dando pie a una nueva inundación. Estaba claro que el bombeo no era una solución permanente, considerando que el caudal normal de aguas residuales crecía año con año debido al aumento de la población y al incremento en el suministro de agua potable.

ESCURRIMIENTOS PLUVIALES URBANOS

Hacia 1929 quedó claro que no sólo el río Cuautitlán ni el lago de Texcoco podían inundar la Ciudad de México. Por ello, se comenzaron a controlar los picos de las avenidas de todos los ríos del Poniente; comenzando con la construcción de la presa Tecamachalco, seguida de las presas: San Joaquín, la derivadora del Tornillo, que desviaba las aguas del arroyo del tornillo hacia el río Hondo, Becerra, Tacubaya, Mixcoac, el Capulín y se entubó el río Consulado y el río La Piedad.

También se construyeron los túneles Mixcoac-Becerra y Becerra-Tacubaya. A pesar de ese esfuerzo, en 1937 se volvió a inundar la ciudad, lo que detonó la elaboración de un Plan de Control Fluvial, que derivó en el inicio de la construcción del nuevo túnel de Tequixquiac, en 1938, con una capacidad de 60 metros cúbicos por segundo en un sifón bajo el río Churubusco para el paso del canal San Juan de Aragón y de un túnel a través del cerro del Tepeyac, que fue concluido hasta 1954.

HUNDIMIENTO DEL SUELO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

En 1947 el doctor Nabor Carrillo demostró finalmente que el hundimiento se debía a la consolidación de las arcillas lacustres del acuífero superior por la pérdida de presión hídrica que producía la extracción de agua, ya que su composición era de 30% de sólidos y 70% de agua. Para entonces resultaba obvio que el hundimiento no era uniforme y que su magnitud y evolución temporal variaban de un sitio a otro; aunque las consecuencias para algunas construcciones podían ser menores, para otras podían ser bastante graves si se tenían hundimientos diferenciales.

No obstante, por efecto del hundimiento regional, la mayor parte del área urbana en la cuenca de México se volvió cada vez más vulnerable a inundarse en caso de fallas en el sistema de alcantarillado sanitario y del drenaje pluvial.

En 1950 y 1951 se tuvieron inundaciones considerables, al grado tal que la gente tenía que transportarse en lanchas de madera y balsas de hule por el centro de la Ciudad de México, lo que dio origen el entubamiento del río Churubusco y la construcción de varios cárcamos y siete plantas de bombeo. Sin embargo, el hundimiento de la ciudad colocaba a la red de alcantarillado a 4 metros por debajo del canal del desagüe, lo que significó que la entonces magna obra de desagüe porfirista había llegado al límite de su capacidad.

OBRA HIDRÁULICA MODERNA

El Tajo de Nochistongo fue la primera salida artificial de la cuenca endorreica de México, coloquial y erróneamente denominada “Valle de México”, construido de 1607 a 1789 para conducir las aguas del río Cuautitlán hacia el río Tula; actualmente drena 30 metros cúbicos por segundo de aguas pluviales y residuales colectadas por el Túnel Emisor Poniente.

El segundo trabajo de drenaje fue el Gran Canal del Desagüe, que empezó a operar junto con el primer túnel de Tequixquiac desde 1900, con una capacidad de 17.5 metros cúbicos por segundo; este canal a cielo abierto fue la primera obra diseñada para drenar de manera sistemática las aguas residuales de la Ciudad de México y no sólo las pluviales.

Posteriormente, se concluyó un nuevo túnel en Tequixquiac, el cual permitió añadir una capacidad de drenaje de 60 metros cúbicos por segundo e incrementar el área bajo riego en la cuenca del río Tula. A esta capacidad de desalajo adicional se añadió un sistema de

bombeo de 29 plantas locales, 49 en los pasos a desnivel y 10 para elevar las aguas residuales y pluviales de los colectores al canal del desagüe, al que se le construyeron muros de concreto para conducir gastos hasta de 150 metros cúbicos por segundo.

En 1956 se construyó la primera planta de tratamiento de aguas residuales en Chapultepec, posteriormente se construyó una obra de auxilio al Gran Canal y a la red de colectores: el Interceptor Poniente. Esta obra consta de varios túneles y un canal revestido que sigue el cauce del río Hondo hasta el Vaso de Cristo, donde desemboca, lo cual evitó que todos los torrentes de los arroyos del Poniente escurrieran sin control hacia la ciudad, de ahí su denominación de Interceptor Poniente.

En 1962 se construyeron las presas: Totolica, Los Cuartos, El Sordo, las Ruinas y Madín, que regulaban algunos escurrimientos de la vertiente Poniente de la ciudad. Más tarde se incorporaron 12 kilómetros de túneles para captar las aguas de los ríos Tlalnepantla, San Javier y Tepetzotlán; se prolongó la longitud del canal para conducir el agua hasta el río Cuautitlán, la laguna de Zumpango y el Tajo de Nochistongo. De esta manera, la construcción de 520 kilómetros de colectores requirió alimentarlo de 2,900 kilómetros de atarjeas.

Destacan el colector 15 con 20 kilómetros de longitud, drena la región noroeste de la Ciudad, siendo el más largo de la misma y el entubamiento de 20 kilómetros de la prolongación sur del Gran Canal conocido como Canal de Miramontes; entre los kilómetros 0 y 7 del Gran Canal se construyeron y ampliaron plantas de bombeo.

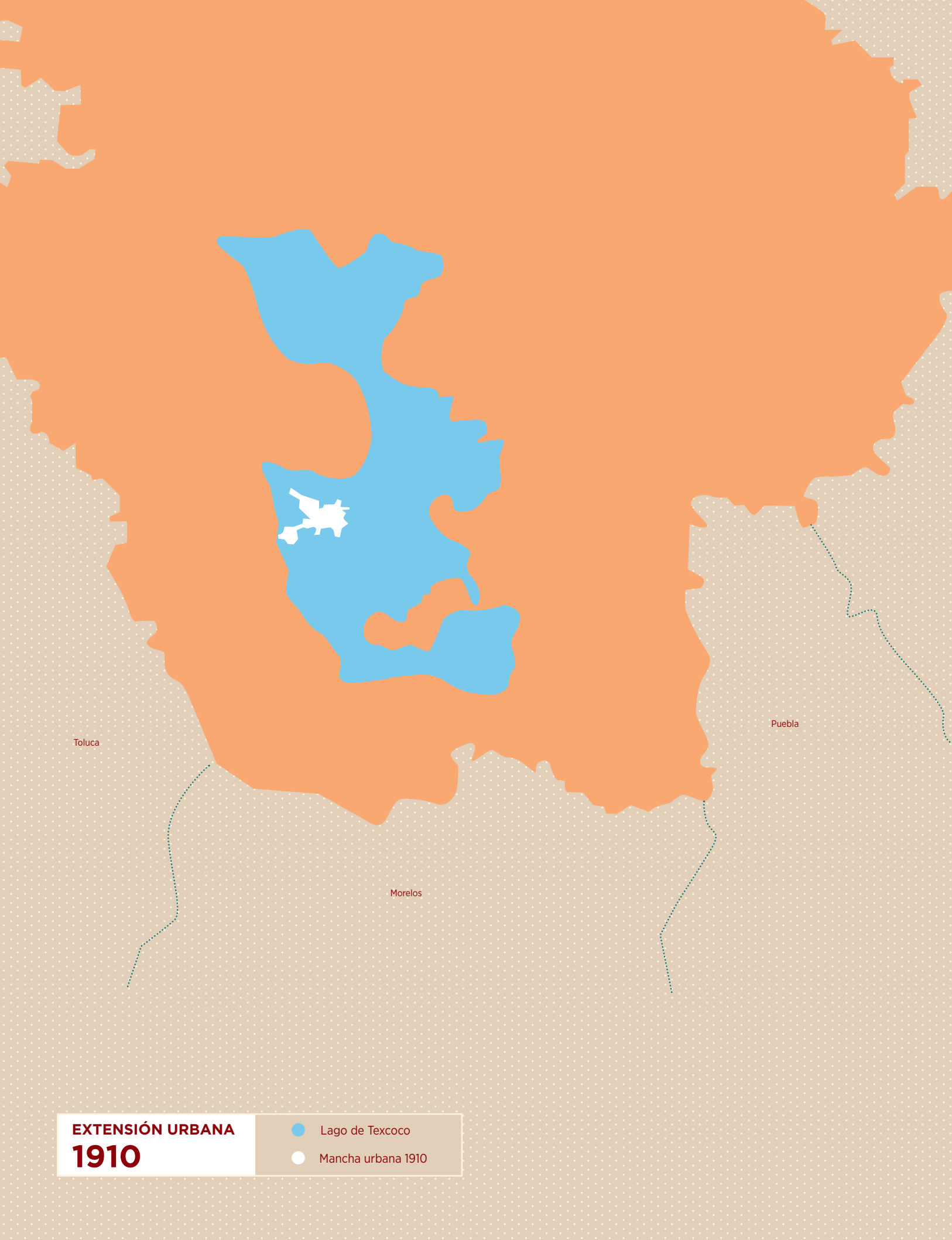
Los ríos entubados son: Churubusco, La Magdalena, San Ángel, Tequilazco, Barranca del Muerto, Mixcoac, La Piedad, Becerra, Tacubaya, Consulado, San Joaquín y Miramontes, y alcanzaban una longitud de 80 kilómetros sobre los que se construyeron vialidades para la circulación de automotores y transeúntes.

Pero la ciudad y su zona metropolitana seguían creciendo; al suprimir el bombeo de la zona lacustre se disminuyó el ritmo de los hundimientos de 30-50 centímetros por año al pasar a 10-15 centímetros por año. Aun así fue necesario construir tanques de tormenta, rectificar tuberías, colocar nuevos colectores o plantas de bombeo, según lo requiriera cada situación específica, para contrarrestar los efectos de la desnivelación en el sistema de alcantarillado.

Sin embargo, aún era necesario llevar más agua para satisfacer la demanda en aumento, ampliándose para ello la captación de Xochimilco y Mixquic. Más tarde se llevó a cabo la segunda etapa del sistema Lerma, aumentando el número de pozos y expandiendo la extracción de aguas superficiales a las zonas de Ixtlahuaca y Jocotitlán, con lo que se incrementó el suministro de agua a la Ciudad de

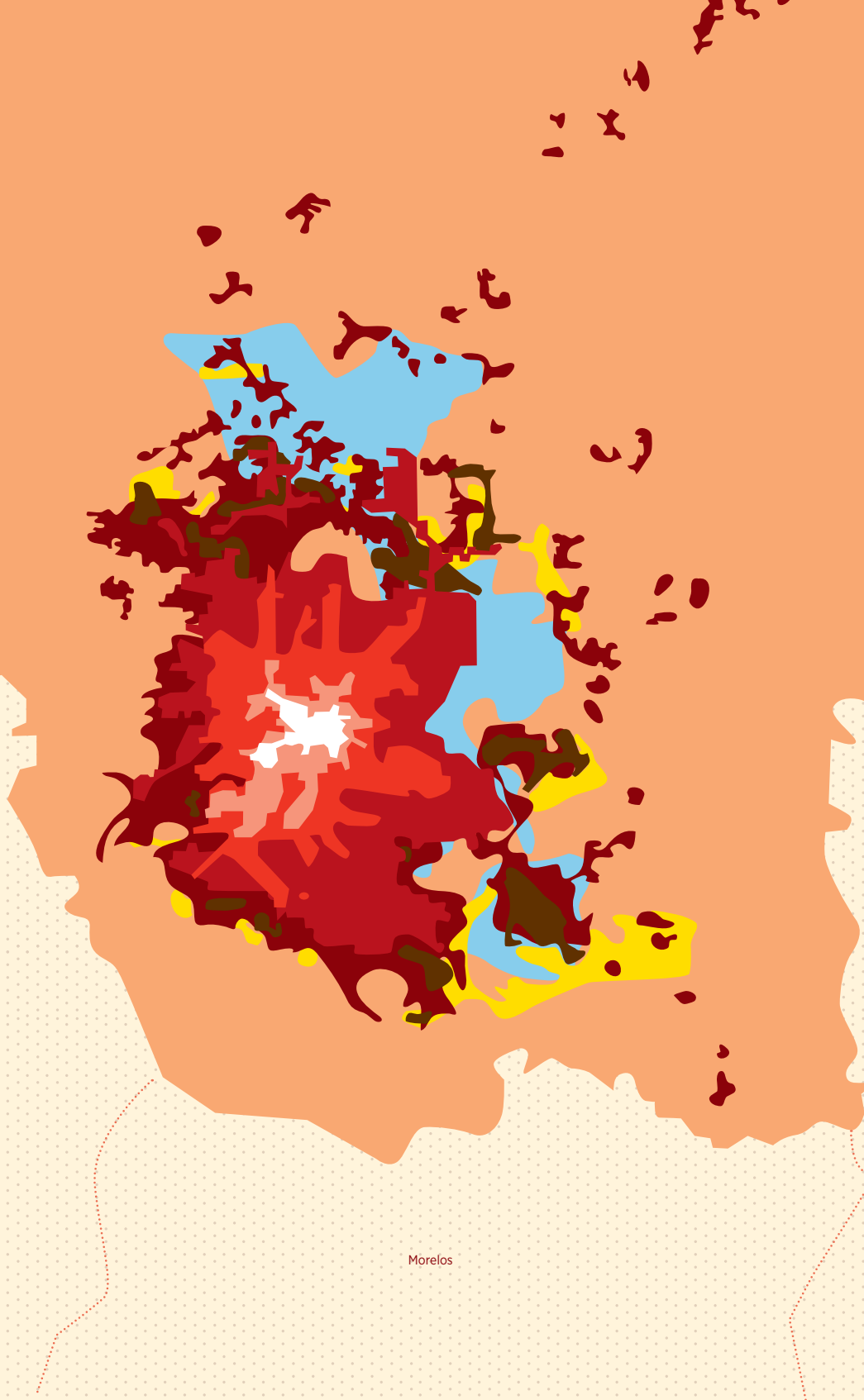


Inundaciones en el centro de la Ciudad de México (1952).



EXTENSIÓN URBANA
1910

- Lago de Texcoco
- Mancha urbana 1910



Toluca

Puebla

Morelos

● Mancha urbana 1950

● Mancha urbana 1980

● Mancha urbana 2000

● Mancha urbana 1960

● Mancha urbana 1990

● Mancha urbana 2010

**EXTENSIÓN URBANA
1950-2010**



Respiradero del Acueducto de Xochimilco.

México a 14 metros cúbicos por segundo, caudal que disminuyó con el tiempo a 6 metros cúbicos por segundo debido al agotamiento de las fuentes de abastecimiento y a que parte del agua se entrega en el Estado de México.

El riego de las áreas verdes de la ciudad se hacía con los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de Chapultepec, a la que paulatinamente se le fueron añadiendo las de Xochimilco, Ciudad Deportiva de la Magdalena Mixhuca y San Juan de Aragón; posteriormente se construyeron las plantas de Cerro de la Estrella, Acueducto de Guadalupe y Bosque de las Lomas.

En 1965 se renivelaron los primeros 6.5 kilómetros de los bordos del Gran Canal del Desagüe, se entubó el río San Juan de Dios en Tlalpan, se construyó el colector Iztaccíhuatl y en Xochimilco se instaló un sistema de 98 kilómetros de alcantarillado separado, enviando las aguas residuales a la prolongación sur del canal del desagüe y las pluviales a los canales a que había sido reducido el antiguo lago de Xochimilco, para beneficio de las chinampas.

En 1966 se continuó con la entubación de diversos canales que servían de colectores y se sobreelevaron los bordos del río Churubusco para compensar el hundimiento y seguir soportando su capacidad de conducción.

Todas estas obras, sus rectificaciones y renivelaciones fueron indispensables pero también resultaron insuficientes. Como consecuencia, en 1967 se anunció una solución definitiva: si la ciudad estaba descendiendo, tenía que construirse un sistema de drenaje lo suficientemente seguro para que, por más que se hundiera la ciudad, jamás dejara de funcionar.

EL DRENAJE PROFUNDO

A pesar de las diversas obras desarrolladas con el propósito de satisfacer las necesidades de drenaje de una urbe en rápido crecimiento como la Ciudad de México, sus capacidades comenzaban a verse rebasadas en el año de 1959; el hundimiento mostrado por el doctor Nabor Carrillo era aún más evidente, al ubicarse el nivel del lago de Texcoco 5.50 metros más arriba del centro de la ciudad respecto a los 1.90 metros por debajo que se encontraba en el año 1910.

Estas condiciones evidenciaron la necesidad de contar con un sistema de drenaje que por sus características de construcción no fuera afectado por los hundimientos del terreno ni demandará el uso de bombeo al operar por gravedad. Además debía expulsar las aguas por una nueva salida artificial, dando origen a lo que hoy se conoce como el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México.

A la par de este proyecto surgieron otros que pretendieron dar solución a la misma problemática; como aquel

que proponía la creación de un sistema de colectores que corrieran por debajo de la ciudad hacia el noroeste, reuniéndose en una estación de bombeo subterránea cercana al cerro del Tepeyac. De ahí se bombearían las aguas residuales a un nuevo y mayor canal de desagüe, que las conduciría hacia el norte para transportarlas a través de un nuevo y tercer túnel de Tequixquiac hacia el río Tula, sin embargo, el principal inconveniente que mostró fue el alto costo de la energía para el bombeo.

Otro más planteaba la evacuación de las aguas residuales a través del parteaguas sur hacia el río Amacuzac, lo cual requería un túnel por la joven sierra del Chichinautzin que auguraba fuertes filtraciones, o por debajo de la sierra de Zempoala, que requería lumbreras muy profundas. Sin embargo, la principal oposición a su desarrollo era que “la Ciudad de México tenía compromisos [sic] contraídos con el valle del Mezquital para dotar [sic] de aguas negras a su agricultura de riego”.

Fue así como el proyecto del Sistema de Drenaje Profundo, cuya operación se basaba en la construcción de interceptores que desembocarían en un emisor profundo en el sitio identificado como Lumbrera 0 y cuyos caudales serían descargados al final de su trayecto en el río Tula, se posicionaba como el más viable para el desalojo eficiente de las aguas.

Durante los años posteriores se llevaron a cabo los estudios necesarios para el desarrollo del proyecto, que iban desde los trazos hasta los análisis geológicos de estratigrafía y sismicidad. Finalmente, en 1967 se aprueba y da inicio esta importante obra de la ingeniería mexicana del siglo XX.

Durante su gestión, el presidente Luis Echeverría declaró que “el funcionamiento de este sistema resultará vital durante varios siglos para la capital de la República” y el jefe del Departamento del Distrito Federal, Octavio Senties, dijo: “se estima que lo más trascendente es que esta obra significa una de las grandes soluciones a uno de los grandes problemas de la ciudad y de sus zonas adyacentes”.

La primera etapa de su desarrollo fue concluida en 1975 con la construcción del túnel del Emisor Central, el cual posee un diámetro de 6.50 metros, una longitud de 50 kilómetros, una capacidad de 200 metros cúbicos por segundo y cuenta con lumbreras cuyas profundidades van desde 50 hasta 237 metros.

La función más importante del Emisor Central es conducir fuera de la cuenca del Valle de México las aguas del Sistema de Drenaje Profundo; su trayecto inicia en Cuauhtepac, en la delegación Gustavo A. Madero, y su recorrido lo lleva a descargar en el río El Salto, a partir de donde las aguas son conducidas hasta la presa Requena y más adelante al río Tula y a la presa Endhó. Por un lado, esta última satisface las demandas de riego de la zona;



Trabajos de construcción del Drenaje Profundo, excavación del túnel ademado con marcos metálicos en forma de herradura.

por otro, el río Tula es influente del Moctezuma y éste a su vez del Pánuco, que descarga en el Golfo de México.

Al Emisor Central confluyen principalmente los tres interceptores siguientes:

—Interceptor Centro-Poniente

Se inicia en la lumbrera 14 del Interceptor Poniente cerca del Museo de la Comisión Federal de Electricidad en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, terminando en la lumbrera 1 del Emisor Central, en el Cerro del Tenayo.

Posee estructuras de captación de cinco lumbreras que captan a los colectores: Rubén Darío, Río San Joaquín, Refinería Trujillo, Salomón Lerdo de Tejada y al Colector 15; beneficia a gran parte de las delegaciones Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, además del Interceptor del Poniente en la lumbrera 14.

—Interceptor Central

Recorre desde el cruce de las avenidas Doctor Vértiz y Obrero Mundial, donde se ubica la lumbrera 4A, hasta la lumbrera 0 del Emisor Central, en Cuauhtémoc; en su trayecto alivia al río La Piedad y capta los colectores: Tabasco, 5 de Mayo, Héroes, río Consulado, Cuitláhuac, Fortuna y Moyobamba; cuenta también con obras de toma de los ríos: Los Remedios, Tlalnepantla, San Javier y Cuauhtémoc; beneficiando a las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc y parte de la Benito Juárez.

—Interceptor Oriente

Su tramo norte principia en las calles de Agiabampo y Troncoso, desde donde se dirige hasta la calzada Zaragoza, punto en donde el túnel es desviado para continuar en forma paralela al Gran Canal hasta la calzada San Juan de Aragón, posteriormente se dirige hacia el oriente para alcanzar la avenida Eduardo Molina y así llegar hasta la lumbrera 8C ubicada en la colonia Salvador Díaz Mirón, y termina en la lumbrera 0 del Emisor Central, en Cuauhtémoc.

Hacia el sur, el Interceptor Oriente corre por el Eje 3 Oriente a partir de la calle Agiabampo, en la intersección con el Interceptor Centro-Oriente en la lumbrera 4, hasta la avenida Taxqueña, donde se conecta al Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco. En el cruce con la calle Tlazintla se ubica la lumbrera 3, cercana a ella es captado el colector Plutarco Elías Calles directamente al túnel. En la lumbrera 2, ubicada en la esquina con avenida Apatlaco, capta al colector del mismo nombre. Las aguas del cauce entubado del Río Churubusco son captadas en la lumbrera 1.

La función principal del Interceptor Oriente es aliviar al Gran Canal de Desagüe a través de la obra de toma del que depende el drenaje de gran parte del centro y norte del Distrito Federal. Sumado a la captación en la lumbrera 13, ubicada en la colonia La Pastora, para el desagüe de la laguna de regulación.

El costo de este importante proyecto fue superior a los 5 mil 400 millones de pesos, mismos que fueron cubiertos en un 87% por el gobierno federal y un 13% por el Departamento del Distrito Federal, sin crear ninguna contribución especial.

Desde el inicio de su operación este sistema de drenaje conducía aguas pluviales, sin embargo, a partir de 1992, como resultado de la pérdida de nivel del Gran Canal se conducen también aguas negras que recibe del interceptor oriente y del central.

Actualmente el Sistema de Drenaje Profundo cuenta con 153.3 kilómetros de túneles en operación, siendo la tercera salida de desalojo de aguas residuales y pluviales fuera del valle.

En los años posteriores y hasta el día de hoy, la cantidad de componentes que integran el Sistema de Drenaje Profundo se ha incrementando de manera paulatina, lo cual muestra el compromiso por continuar la tarea de seguir aumentando la infraestructura de desagüe que permita satisfacer la demanda de una ciudad en constante crecimiento. De igual manera, se han desarrollado obras de almacenamiento como la laguna Colorada en Texcoco y plantas de bombeo sobre el Gran Canal, que permiten desviar las aguas durante el estiaje hacia los túneles de Tequiquiac.

Actualmente, el drenaje profundo está integrado por los siguientes elementos:

SISTEMA CUTZAMALA

Para incrementar el abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México se inició, en 1976, la construcción del sistema Cutzamala; derivado del agotamiento de los recursos hídricos de la cuenca de Lerma y el constante hundimiento de la ciudad por la sobreexplotación del acuífero.

Este proyecto permitió el aprovechamiento del agua almacenada en ocho presas localizadas en la cuenca alta del río Lerma, en detrimento del uso para la generación de energía hidroeléctrica que se les venía dando, conformándose así como un sistema hidráulico de almacenamiento, conducción, potabilización y distribución de agua dulce para la población e industria del Distrito Federal y el Estado de México; en las zonas centrales de la cuenca de México y el valle de Toluca.

Uno de los principales retos a vencer y que ubicaron al Sistema Cutzamala como una de las mayores obras de ingeniería civil en el mundo, fue el bombeo del líquido desde una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar en su punto más bajo hasta los 2,702 metros sobre el nivel del mar en su punto más alto. Debido a que algunas presas se localizaban en cotas por debajo de la Ciudad de México, sin olvidar que en su trayecto recorre aproximadamente 127 kilómetros para conducir el agua hasta su punto final, extendiéndose por las entidades de Michoacán, Estado de México y Distrito Federal.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO

Responsable	Longitud excavada en metros	Diámetro, m	Capacidad, m ³ s	Profundidad, (min-max) m
Emisor Central	50.0	6.5	220	48-217
Interceptor Central	16.1	5.0	90	22-41
Interceptor Centro-Centro	3.7	5.0	90	25-26
Interceptor Oriente	22.2	5.0	85	37-55
Interceptor Centro-Oriente	16.0	4.0	40	22-51
Interceptor del Poniente	16.5	4.0	25	20-40
Interceptor Iztapalapa	5.5	3.1	20	11-16
Interceptor Obrero Mundial	0.8	3.2	20	10-16
Interceptor Oriente Sur	13.8	5.0	85	20-23
Canal Nacional-Chalco Chalco	8.7	3.1	20	15-17



Agua de los Sistemas Lerma y Cutzamala

Para el desarrollo del sistema Cutzamala se consideraron tres etapas; en la primera se construyó el canal Martínez Meza, de 12 kilómetros de longitud, que conecta la presa Villa Victoria con una planta potabilizadora en Los Berros, Estado de México, con capacidad de 28 metros cúbicos por segundo. En este lugar se situó un tanque de almacenamiento del cual salía un primer acueducto de 2.5 metros de diámetro y 77 kilómetros de longitud que constaba de tres túneles: uno que atraviesa la sierra de las Cruces, otro en Agua Escondida y el de Analco-San José. Esta etapa fue inaugurada en 1982 por el entonces presidente José López Portillo, y entregaba inicialmente 4 metros cúbicos por segundo en Dos Ríos, municipio mexiquense de Huixquilucan.

Los trabajos realizados durante la segunda y tercera etapa fueron los de mayor dificultad a lo largo del proyecto; fue necesaria la construcción de 6 plantas de bombeo que permitieran elevar el agua de aquellas presas que registraban niveles más bajos respecto a la planta potabilizadora de Los Berros, como el caso de la presa Colorines, donde la elevación fue de 1,100 metros. El resto de las presas de las cuales se aprovechó el agua fueron las de Tuxpan, El Bosque, Ixtapan del Oro, Tilostoc, Chilesdo y siendo una de la más importantes la de Valle de Bravo, pues su volumen de almacenamiento es de alrededor de 394 millones de metros cúbicos.

De esta forma, el volumen del agua conducida de estas presas se elevó a un valor entre 14 y 19 metros cúbicos por segundo según la temporada. Las obras complementarias del sistema Cutzamala incluyen el vaso regulador Donato Guerra, el Pericos, la instalación de una planta autónoma para generar energía y dos torres: la de sumersión, que proporciona el agua necesaria para el arranque de las bombas, y un pozo de oscilación que absorbe el golpe de ariete.

Para el año de 1992, cuando fue concluida la última de las tres etapas, el Sistema Cutzamala tenía las siguientes características:

- 7 presas principales.
- 6 plantas de bombeo que en conjunto consumen 2,280 millones de kilowatts cada hora, el equivalente al consumo de energía eléctrica de la ciudad de Puebla.
- 334.4 kilómetros de canalizaciones primarias para el agua distribuidas en 218 kilómetros de acueductos por tubería metálica y de concreto, 43.9 kilómetros de túneles y 72.5 kilómetros de canales abiertos.

- 1 planta potabilizadora con capacidad de 19 m³/s.
- 6 m³/s de agua provienen del Lerma (31.5%), mientras 13 m³/s provienen del Cutzamala (68.5%), una aportación que representa un poco más del 30% del agua que se consume en la Ciudad de México.
- Recorre desde Atizapán a la Ciudad de México con 2,500 metros de tuberías.

En la década de los ochenta, mientras las obras del Sistema Cutzamala eran desarrolladas, se consideraba también indispensable contar con una conducción que diera redundancia y flexibilidad a la distribución del agua procedente de este sistema en la zona metropolitana de la Ciudad de México; surgiendo así los proyectos del Macrocircuito y el Acuaférico.

El Macrocircuito, inaugurado en 1996, está compuesto por una tubería de acero de 110 kilómetros de longitud que partía del túnel de Analco-San José en Huixquilucan, Estado de México, hacia el norte; comienza con un tramo inicial cuyo trayecto termina en Naucalpan. Posteriormente continúa su recorrido hacia los tanques reguladores de Lomas Verdes; le sigue otro tramo hasta los depósitos de Atizapán de Zaragoza y Nicolás Romero, y concluye en Coacalco.

A lo largo del Macrocircuito se distribuye agua a zonas densamente pobladas como Naucalpan, Tlalnepantla, Barrientos, Bosques del Lago y Cuautitlán Izcalli, por medio de tanques elevados; en 2003 se terminó la ampliación de Coacalco al Cerro Gordo, en Ecatepec.

Por su parte, la obra del Acuaférico iniciada en 1983, consta de un acueducto de concreto de 5 metros de diámetro y una capacidad de 25 metros cúbicos por segundo, comenzado también en el túnel de Analco-San José, en Huixquilucan, pero dirigido hacia el sur del Distrito Federal. Se extendería subterráneamente hasta el cerro del Teutli, en Milpa Alta, atravesando la serranía del Ajusco a una profundidad máxima de 90 metros. En el último tramo se erigirían tanques de almacenamiento cercanos a las poblaciones semirurales para abastecerlas de agua como San Andrés Totoltepec, el Ajusco y Topilejo.

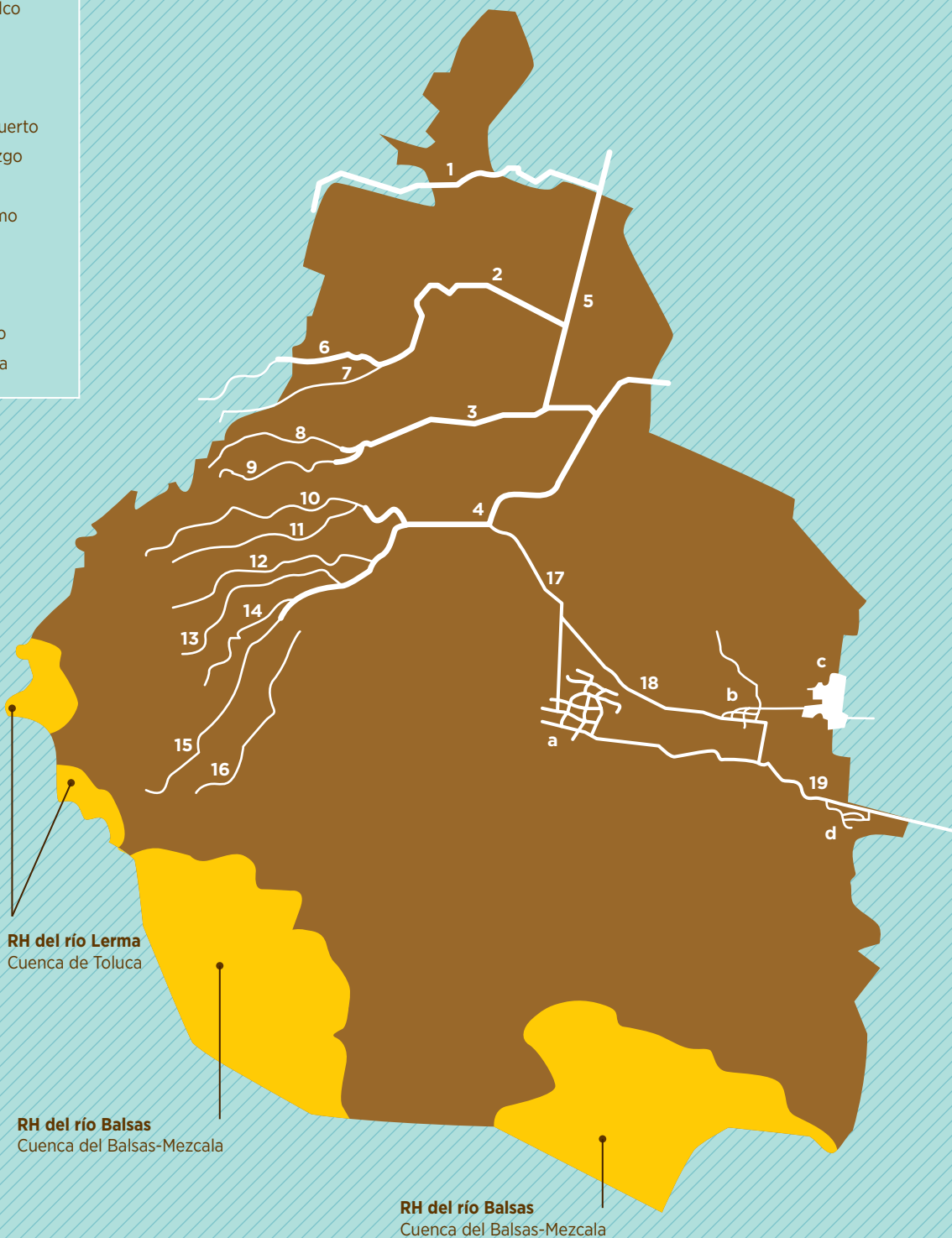
La obra se suspendió en 1998 cuando su longitud alcanzaba los 32 kilómetros, llegando hasta el poblado de San Francisco Tlalnepantla, en la delegación Xochimilco; el trayecto faltante para llegar hasta Milpa Alta aún se encuentra pendiente.

RÍOS DEL DISTRITO FEDERAL

- Corriente entubada
- Corriente superficial

- 1 Río de Los Remedios
- 2 Río Consulado
- 3 Río La Piedad
- 4 Río Churubusco
- 5 Gran Canal del Desagüe
- 6 Río San Joaquín
- 7 Río Tecamachalco
- 8 Río Tacubaya
- 9 Río Becerra
- 10 Río Mixcoac
- 11 Barranca del Muerto
- 12 Arroyo Tequilazgo
- 13 Río San Ángel
- 14 Río San Jerónimo
- 15 Río Magdalena
- 16 Río Eslava
- 17 Canal Nacional
- 18 Canal de Chalco
- 19 Río Amecameca

- a Chinampería de Xochimilco
- b Chinampería de Tláhuac
- c Humedales de Tláhuac
- d Chinampería de Mixquic



CUENCAS ALEDAÑAS A LA ZONA METROPOLITANA DEL DISTRITO FEDERAL



CUENCA DEL RÍO PÁNUCO

- Río Pánuco
- Cuenca de México y del río Tula









SERVICIO DE AGUAS
PROPIEDAD DEL
DEPARTAMENTO DEL
DE 1943

2

**OBRA
HIDRÁULICA
ACTUAL**



PLANEACIÓN

La zona metropolitana del Valle de México, conformada por la Ciudad de México y 60 municipios conurbados, es la mayor aglomeración urbana del continente americano y una de las más grandes del mundo, con una población aproximada de 19 millones de habitantes, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010.

En el Distrito Federal, el crecimiento más considerable de población se dio entre 1950 a 1970, al alcanzar los 6.9 millones de habitantes; a partir de 1980 se registró un crecimiento más controlado, llegando actualmente a los 8.8 millones de habitantes.

La delegación Iztapalapa es la demarcación geográfica más poblada del país, con más de 1.8 millones de habitantes, en comparación con los volúmenes de población de los municipios de la república mexicana; en contraparte, las delegaciones Milpa Alta y Cuajimalpa de Morelos constituyen las delegaciones menos pobladas.

Su densidad de población es de 5,920.5 habitantes por kilómetro cuadrado, contrastando con la media nacional de 57.3. Las delegaciones Iztacalco, Cuauhtémoc e Iztapalapa tienen una densidad superior a los 16,000 habitantes por kilómetro cuadrado.

Estos datos demográficos permiten visualizar el gran crecimiento poblacional y urbano que ha registrado la Ciudad de México a través de los años, generando de manera proporcional un incremento de la demanda de los servicios básicos que permiten a la población mejorar sustancialmente su calidad de vida, siendo éstos el agua, el drenaje y el saneamiento.

En este contexto, uno de los principales retos que se enfrenta hoy en día es garantizar a todos los habitantes de la ciudad la sustentabilidad de dichos servicios, mediante la conservación, ampliación y modernización de la infraestructura existente, el desarrollo de nuevos proyectos que permitan ampliar la cobertura actual y el incremento de la calidad del agua, manteniendo la competitividad en los sectores económicos de la sociedad y teniendo en todo momento como prioridad, la preservación y el cuidado del medio ambiente.

El Gobierno del Distrito Federal ha considerado de vital importancia el desarrollo de lineamientos y estrategias que permitan enfocar los esfuerzos hacia el logro de resultados que impacten de manera directa en el manejo de los recursos técnicos, financieros y humanos, siendo el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, el instrumento rector de la política hídrica en el Distrito Federal, el cual establece los lineamientos para maximizar el desarrollo del sector agua.

El PGIRH tiene como objetivo primordial *garantizar los servicios de agua y saneamiento como un derecho humano en cantidad y con calidad a todos los habitantes de la ciudad.*

Su formulación atiende los nuevos retos y desafíos que hoy atentan contra la sustentabilidad de los servicios de agua, drenaje y saneamiento, y es congruente con el respeto al medio ambiente en el Distrito Federal; de este modo, responde a las necesidades derivadas del incremento en la calidad de vida de sus usuarios y es motor de desarrollo para mantener la competitividad de los sectores económicos de la ciudad.

El PGIRH establece un marco de prioridades para los programas y proyectos que habrán de llevarse a cabo en los siguientes años, como conservación, modernización y ampliación de la infraestructura, ahorro del agua y mejoras en sus usos, recarga del acuífero, consecución del sistema comercial y saneamiento de la cuenca del Valle de México.

El desarrollo del PGIRH tiene como base los documentos en los cuales se marcan las políticas, lineamientos y estrategias determinadas por el Gobierno del Distrito Federal y demás órdenes de gobierno relacionados con la materia, que consideran la planeación a corto y mediano plazo realizada en los últimos años, siendo algunos de los más importantes:

- Plan Verde
- Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México
- Programa General de Desarrollo 2007–2012
- Programa Sectorial de Medio Ambiente 2007–2012

PLAN VERDE

El agua, además de ser el medio que permitió el nacimiento de la vida, es el elemento indispensable para que ésta se desarrolle y prospere. Hace miles de años que la humanidad conoce su valor, y podemos afirmar que la civilización humana es en gran parte la historia de la relación de los seres humanos con el vital líquido.

Las grandes ciudades, como la Ciudad de México, han germinado a la vera de los ríos y los lagos, en los valles donde las lluvias riegan con generosidad los cultivos y alimentan los mantos acuíferos de donde las sociedades extraen el agua necesaria. Pero con el agua ha pasado lo que con otros recursos naturales: el crecimiento desmesurado y las formas de producción, consumo y convivencia, han puesto en crisis los equilibrios y la generosa oferta natural del agua.

Conscientes de ello, el Gobierno del Distrito Federal, integró el Plan Verde, que es la ruta a mediano plazo (15 años), que contiene las estrategias y acciones para encaminar a la Ciudad de México hacia la sustentabilidad de su desarrollo. Surge ante el hecho de encontrarnos en un punto en el que es imprescindible iniciar acciones estratégicas que permitan modificar el rumbo y tomar el camino de un desarrollo sustentable a partir de una visión de futuro, responsabilidad social y vocación ambientalista.

El *Plan Verde* fue diseñado ante la necesidad de que la Ciudad de México continúe siendo un espacio adecuado para sus habitantes, ofrezca calidad de vida y habitabilidad. Con base en siete ejes, su fin es revertir los principales procesos que han ocasionado el deterioro de la calidad de vida.

Uno de sus temas principales se centró en atender el gran reto que hoy significa proporcionar agua potable de calidad, con buena disponibilidad y con una distribución equitativa a todos los habitantes de esta gran ciudad.

Para ello se propuso transformar el manejo del agua trabajando a partir de una política sustentable que incorpore a los bosques como las grandes fábricas naturales de agua y que representan nuestra oportunidad histórica para garantizar la disponibilidad de recursos hídricos, ya que a través de estos vitales seres permitimos la recarga del acuífero, al mismo tiempo que funcionan como barreras naturales y nos protegen de inundaciones.



Esta estrategia es fundamental si partimos de que más de la mitad de nuestro territorio es Suelo de Conservación, y es allí en donde tenemos nuestras principales fábricas de agua. Lo que proponemos es una reconciliación con el agua y con nuestros bosques. Estos dos elementos sin duda pueden garantizar una autosuficiencia hídrica para la ciudad.

Aunado a esto, tenemos la responsabilidad de trabajar con las nuevas generaciones, que hoy en día ignoran los beneficios y servicios ambientales que aportan las áreas verdes, parques, bosques urbanos y barrancas. Con el programa de Rescate de Barrancas y Bosques Urbanos como Áreas de Valor Ambiental hemos desarrollado mecanismos que coadyuvan a su protección y cuidado sustentable.

Una parte clave de este trabajo ha sido revertir el deterioro que provoca el ritmo acelerado de vida y la alta presión del desarrollo urbano sobre nuestro entorno natural. Ante la necesidad de conservar, rehabilitar y fomentar el manejo y cuidado de las áreas verdes urbanas y el arbolado de la ciudad, impulsamos novedosos programas que implican un trabajo que requiere de la participación ciudadana: Reverdece tu Ciudad y Red Árbol.

Del *Plan Verde* destacan también programas que hoy han transformado radicalmente a la ciudad, como el Sistema de Transporte Individual Ecobici, que hoy en día cuenta con 275 cicloestaciones, 4 mil bicicletas y más de 60 mil usuarios que demuestran que es posible utilizar la bicicleta como medio de transporte en una mega ciudad.

Martha Delgado

Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal



Programa Ecobici.



Programa EcoBús.



Río Magdalena.

PROGRAMA DE MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

Este documento integra el conjunto de acciones que guía la política del Gobierno del Distrito Federal durante el periodo 2007 al 2012, dentro del cual se plantearon las siguientes propuestas y prioridades para la solución de la problemática de la Ciudad de México en materia de agua, drenaje, alcantarillado y saneamiento:

- Recarga del acuífero con aguas pluviales y tratadas, ordenamiento, preservación y protección del suelo de conservación.
- Consumo de agua potable: disminución de fugas domiciliarias, campañas de comunicación, atención a usuarios.
- Detección y supresión de fugas: sectorización, reparación de la red, detección de fugas.
- Drenaje, tratamiento y reúso de agua residual tratada.
- Parques lacustres y áreas de alto valor ambiental: rescate de los ríos Magdalena y Eslava, parques lacustres en Tláhuac y Xochimilco.

PROGRAMA GENERAL DE DESARROLLO 2007-2012

Este programa enuncia las acciones que habrán de ordenarse en los programas sectoriales y especiales que prevé el proceso establecido en la Ley de Planeación del Desarrollo del Distrito Federal; se encuentra organizado en siete ejes estratégicos, de los cuales el eje 6, Desarrollo sustentable y de largo plazo, y el eje 7, Nuevo orden urbano: servicios eficientes y calidad de vida para todos, son de especial interés en materia hídrica, ya que establecen los siguientes lineamientos para el sector agua y medio ambiente:

- Frenar el hundimiento de la ciudad a través del control de la sobreexplotación del acuífero.
- Avanzar sustancialmente en la recarga de los mantos acuíferos y en la recuperación y protección del suelo de conservación.
- Proteger el acuífero de posibles riesgos de contaminación.
- Abatir el riesgo de fugas, detectándolas y suprimiéndolas oportunamente.
- Sanear ambientalmente la cuenca del Valle de México.
- Avanzar sustancialmente en el tratamiento de las aguas servidas y el reúso de las mismas.
- Reducir en materia de agua potable el desequilibrio entre oferta y demanda.
- Lograr formas de gestión metropolitana en servicios como abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE 2007-2012

Este programa plantea la aplicación de las políticas públicas y la sustentabilidad como eje articulador de las acciones en materia de servicios urbanos, desarrollo urbano e infraestructura, entre otros, siendo regido su contenido por nueve estrategias:

- Ampliar la infraestructura hidráulica de agua, drenaje y saneamiento.
- Mejorar la distribución del agua potable (control de fugas).
- Promover a nivel domiciliario el ahorro y uso eficiente del agua.
- Proteger las áreas de conservación y reforzar el equilibrio del acuífero.
- Evitar asentamientos humanos en zonas de riesgo y mejorar la infraestructura de drenaje.
- Incrementar la producción y mejorar la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por el SACMEX y por particulares.
- Fomentar el pago justo y oportuno de los servicios.
- Prevenir y controlar la contaminación de cuerpos de agua.
- Proteger y restaurar ecosistemas en la zona lacustre.

Bajo estas directrices, sus principales líneas de planeación son las siguientes:

- La preservación de los bosques y el suelo de conservación tiene una relación directa con la recuperación y preservación de los acuíferos; la recarga de acuíferos es un servicio ambiental, proporcionado por los ecosistemas naturales del suelo de conservación, por lo que deben instrumentarse mecanis-

mos de retribución e instrumentar acciones de ordenamiento urbano y territorial para contribuir a restablecer el equilibrio hidrológico en el valle; en particular se solicitaron planes de manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas de los ríos Magdalena y Eslava.

- Disminuir gradualmente la sobreexplotación del acuífero de la Ciudad de México.
- Fomentar la construcción y mantenimiento sistemático de infraestructura, como medida de adaptación a los efectos de fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Ampliar el reúso intensivo del agua residual tratada en: infiltración o recarga artificial de acuíferos, comercio, industria, áreas verdes y recreativas.
- Lograr autosuficiencia financiera.
- Mejorar y vigilar la calidad de las descargas de aguas residuales.
- Rescate y preservación de ecosistemas lacustres.

Mediante el análisis de las estrategias y líneas de acción de estos programas de planeación a corto y mediano plazo, es posible identificar y hacer frente a las principales problemáticas que hoy demandan una atención directa, eficiente y coordinada por parte de las autoridades competentes y de la sociedad misma, con el único propósito de garantizar el suministro del recurso agua a la próximas generaciones, además de fortalecer un sistema de drenaje funcional e incrementar el tratamiento de las aguas residuales para su utilización en actividades agrícolas e industriales principalmente.

INVERSIÓN

La infraestructura hidráulica del Distrito Federal está compuesta por un gran número de elementos cuya operación diaria está encaminada a satisfacer las necesidades básicas que la población demanda; si bien toda la infraestructura en su conjunto puede parecer suficiente a simple vista, una operación continua y eficiente demanda en su contexto fuertes inversiones para la ejecución de programas de mantenimiento y mejoramiento permanentes, además del desarrollo de nuevos proyectos que permitan garantizar la cobertura de estos servicios a una urbe en constante crecimiento como lo es la Ciudad de México.

Por ello, en años recientes se han llevado a cabo importantes obras y acciones que han permitido resolver o mitigar de manera considerable los problemas que en materia hídrica afectan en la calidad de vida de la sociedad, e incluso por su magnitud, en el desarrollo económico de la ciudad.

Durante el periodo 2007-2012, se gestionaron e invirtieron recursos por casi 12 mil millones de pesos para el desarrollo de importantes programas, acciones y obras que tienen como principales objetivos la gestión integral del recurso, la autosuficiencia hídrica y el aseguramiento del abasto a las futuras generaciones.

AGUA POTABLE

En el rubro de agua potable se han invertido más de 4,500 millones de pesos, destinados al desarrollo de obras enfocadas en proveer de agua de calidad a toda la población, así como a realizar una administración más eficiente que contribuya a disminuir la pérdida por fugas e incrementar la eficiencia, tanto de los sistemas de medición de caudales, como de los usuarios domésticos, comerciales e industriales.

OBRAS DE AGUA POTABLE

El incremento de la dotación de agua potable y la mejora sustancial de la calidad del recurso han sido dos objetivos prioritarios de la agenda hidráulica del Gobierno del Distrito Federal, logrando hasta el momento resultados firmes que permiten avanzar con el objetivo principal del Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos: garantizar los servicios de agua y saneamiento como un derecho humano en cantidad y calidad para todos los habitantes de la ciudad.

OBRA HIDRÁULICA DEL PERIODO 2007-2012 | AGUA POTABLE

Concepto	Unidad	Cantidad	Gasto o volumen	Población beneficiada	Inversión (mdp)
Reposición de pozos	Pozo	90	4,545 lps	1,962,500	498.42
Rehabilitación de pozos	Pozo	191	9,587 lps	2,901,415	171.37
Construcción de plantas potabilizadoras	Planta	18	2,490 lps	1,032,480	875.99
Rehabilitación de plantas potabilizadoras	Planta	19	1,105 lps	481,440	228.87
Construcción de pozos de absorción	Pozo	12		260,000	20.90
Rehabilitación de pozos de absorción	Pozo	90		1,840,000	84.15
Construcción de plantas de bombeo de agua potable	Planta	12	3.076 m ³ /s	388,920	76.92
Rehabilitación de plantas de bombeo de agua potable	Planta	19	25.3 m ³ /s	9,788,920	264.98
Construcción de tanques de almacenamiento	Tanque	8	5,400 m ³	688,000	24.63
Rehabilitación de redes de agua potable	Km	791		474,600	956.00
Construcción de redes de agua potable	Km	61,442		1,772,043	222.18
Rehabilitación, sustitución e instalación de medidores en el Distrito Federal	Medidor	1,546,204		7,731,020	910.33
Automatización de pozos y agua potable en bloque					166.00
Subtotal					4,500.74



Piletas de agua residual en la planta de tratamiento Cerro de la Estrella.



Filtros de la planta potabilizadora Xaltepec.



Planta potabilizadora Los Galeana.



Vista aérea de la planta potabilizadora La Caldera.

POTABILIZACIÓN

Mejorar la calidad del agua es un objetivo que se ha alcanzado de manera constante, ya que permanentemente son realizados análisis y estudios para identificar la presencia de elementos y compuestos químicos, como el hierro y el manganeso, en el agua subterránea que se extrae en algunas áreas de la Ciudad de México y que impiden que el líquido sea apto para el consumo humano.

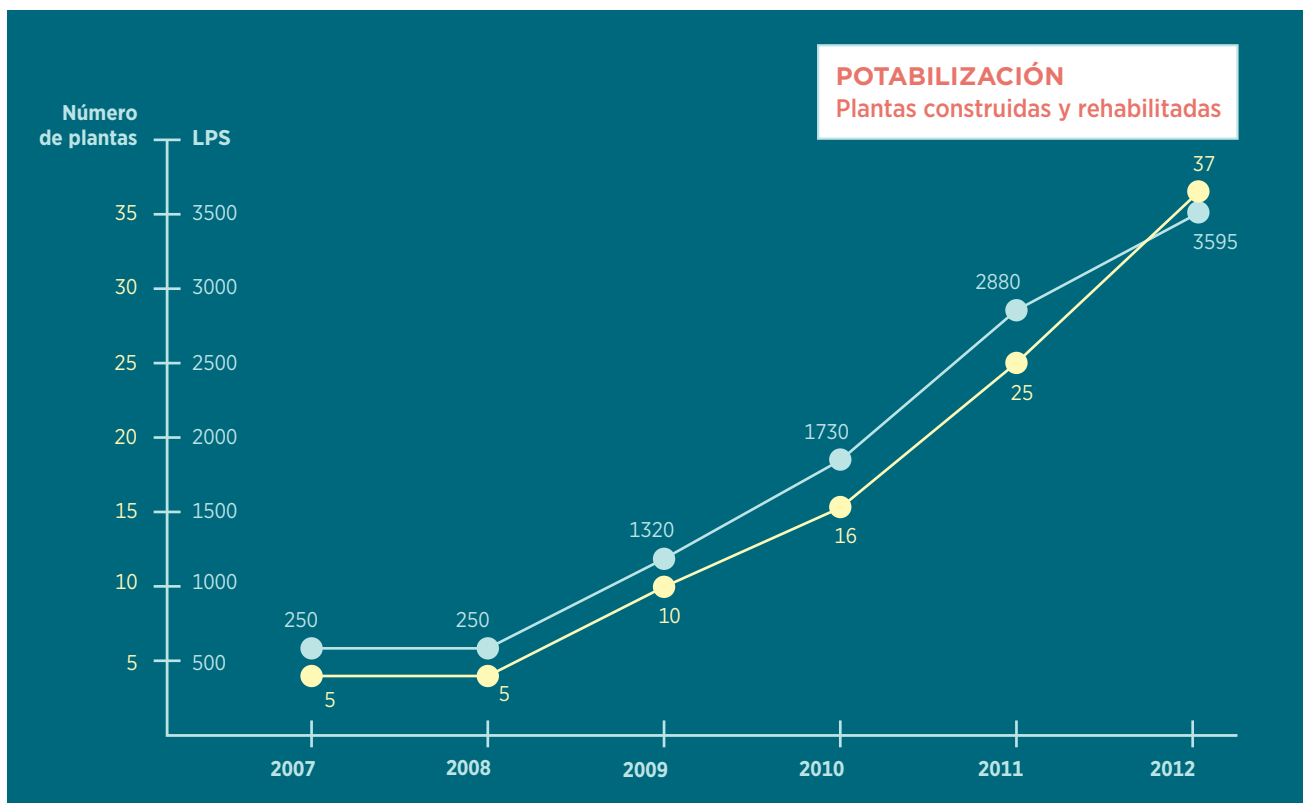
La inversión aplicada durante la presente administración para mejorar sustancialmente la calidad del agua abastecida fue de 1,105 millones de pesos, que permitieron la construcción de 18 plantas potabilizadoras con una capacidad conjunta de 2,490 litros por segundo, equipadas con tecnología de punta para el desarrollo de sus procesos y el cumplimiento de los parámetros establecidos por las normas oficiales. El impacto de estos proyectos se ha visto claramente reflejado en mejores condiciones de salud de la población, al reducirse los índices de enfermedades provocadas por el consumo de agua contaminada.

Por ser Gustavo A. Madero e Iztapalapa dos de las delegaciones que históricamente han registrado más problemas en cuanto a la calidad del agua suministrada, la mayor parte de las plantas construidas fueron situadas dentro de sus demarcaciones con el propósito estratégico de atender de manera directa estas deficiencias.

Así, en la primera delegación se construyeron las plantas: Jardines del Pedregal 5, Deportivo Los Galeana, Panamericana, La Pastora y Avenida Del Castillo; y en la segunda: El Sifón, Santa Catarina 8 y 9, Santa Catarina 10, Santa Catarina 13, Acueducto Santa Catarina, Xaltepec, San Lorenzo Tezonco y La Caldera.

La planta potabilizadora y línea de interconexión La Caldera es considerada la más grande de la Ciudad de México; cuenta con una capacidad total de 700 litros por segundo y recibe agua proveniente del ramal ampliación Tláhuac-Neza y Santa Catarina-Mixquic, lo cual beneficia a miles de habitantes de diversas colonias de esta zona oriente, quienes por años demandaron el suministro de agua de calidad en sus viviendas.

En cuanto a proyectos de rehabilitación, los recursos destinados permitieron también mejorar las condiciones físicas y operativas de 19 plantas potabilizadoras más, ubicadas en las delegaciones Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Venustiano Carranza, mismas que contribuyen a incrementar la capacidad del sistema de potabilización en 1,105 litros por segundo adicionales, y entre las que se encuentran Purísima Iztapalapa 5 y 1, Santa Catarina 4, Cerro de la Estrella No. 2, Purísima Democrática y Santa Cruz Meyehualco.



LABORATORIO

El monitoreo y la medición de la calidad bacteriológica del agua es de vital importancia en una ciudad que cuenta con una compleja red primaria y secundaria de distribución, permite determinar si el líquido abastecido a la población cumple con los parámetros establecidos por las normas oficiales garantizando su uso y consumo humano.

Esta imprescindible labor es realizada de manera permanente en las instalaciones del Laboratorio Central, perteneciente a la Subdirección de Control de Calidad del Agua del SACMEX, cuyo personal realiza diariamente brigadas de muestreo en el 70% de las tomas domiciliarias existentes en la Ciudad de México y recaba alrededor de 150 muestras provenientes de toda la infraestructura hidráulica de abastecimiento, como son pozos, tanques de abastecimiento, plantas de bombeo y manantiales, entre muchos otros.

Los diferentes análisis que se realizan a las muestras están en función de su origen, pudiendo ser de tipo bacteriológicos, de absorción atómica, de compuestos orgánicos, virus, mutágenos, parásitos, físico-químicos y radiactividad, cuyos resultados son verificados por el área de control de calidad, lo cual asegura la confiabilidad de los mismos.

La política de calidad que rige a este laboratorio establece la realización de muestreos y análisis del agua con personal altamente competente, apegados a normas, métodos y procedimientos estandarizados, validados y controlados bajo un sistema de gestión de calidad que asegure mediante la mejora continua la generación de resultados confiables en tiempo y forma, permitiendo a las instancias superiores del SACMEX tomar las mejores decisiones en beneficio de la población.

En congruencia con lo anterior, y a pesar de no existir una obligatoriedad para ello, este laboratorio se encuentra desde hace dos años en un proceso de certificación bajo la norma ISO 17025 ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA), con el objetivo de demostrar que las técnicas analíticas utilizadas son avaladas a nivel internacional y que los resultados obtenidos son altamente confiables.

Como parte de este propósito, durante los últimos tres años se han invertido más de 30 millones de pesos en la adquisición y modernización de diferentes equipos de análisis, para avanzar firmemente en el proceso de la certificación, la cual se obtendrá íntegramente en el año 2015, una vez acreditados los 109 parámetros requeridos para ello.





Análisis de muestras de agua para medición de la calidad del agua.

REHABILITACIÓN Y REPOSICIÓN DE POZOS

La revisión y mantenimiento de los pozos es un aspecto que ha sido atendido permanentemente por esta administración, ya que son las principales fuentes de abastecimiento con que cuenta la Ciudad de México y que registran en promedio una vida útil de 30 años. El inventario actual de pozos asciende a 976 unidades, de las cuales 430 se encuentran ubicadas en el Distrito Federal y 546 en Lerma.

La inversión destinada para este propósito ascendió a 670 millones de pesos, lo que permitió la rehabilitación de 191 pozos y la reposición de 90 más que, por pérdida de su eficiencia o deterioro propio del uso, requirieron el desarrollo de acciones como desazolves, reequipamientos electromecánicos o la determinación de las condiciones técnicas necesarias para su nueva perforación cuando así se requiriera, logrando de esta manera disponer de volúmenes de agua desaprovechados que contribuyeron a incrementar la cobertura de abastecimiento a la

población del Distrito Federal, principalmente en aquellas delegaciones que históricamente han demandado mayores volúmenes de consumo, como son Iztapalapa, Tlalpan y Gustavo A. Madero.

La automatización fue otra labor realizada como parte de las acciones de mejoramiento de las fuentes de abastecimiento, ya que mediante su implementación es posible realizar diagnósticos acertados del funcionamiento de los pozos a través de la medición de diferentes parámetros que permiten establecer variaciones o deficiencias en su operación, como son el gasto, el consumo de energía y la cantidad de hipoclorito de sodio dosificada, por mencionar algunos, mejorando su operación y extendiendo su vida útil; en este sentido se invirtieron 166 millones de pesos que permitieron automatizar 334 pozos de agua potable, lo que representó un incremento en este tipo de equipamiento del 240%.



Múltiple de descarga de un pozo de agua potable.

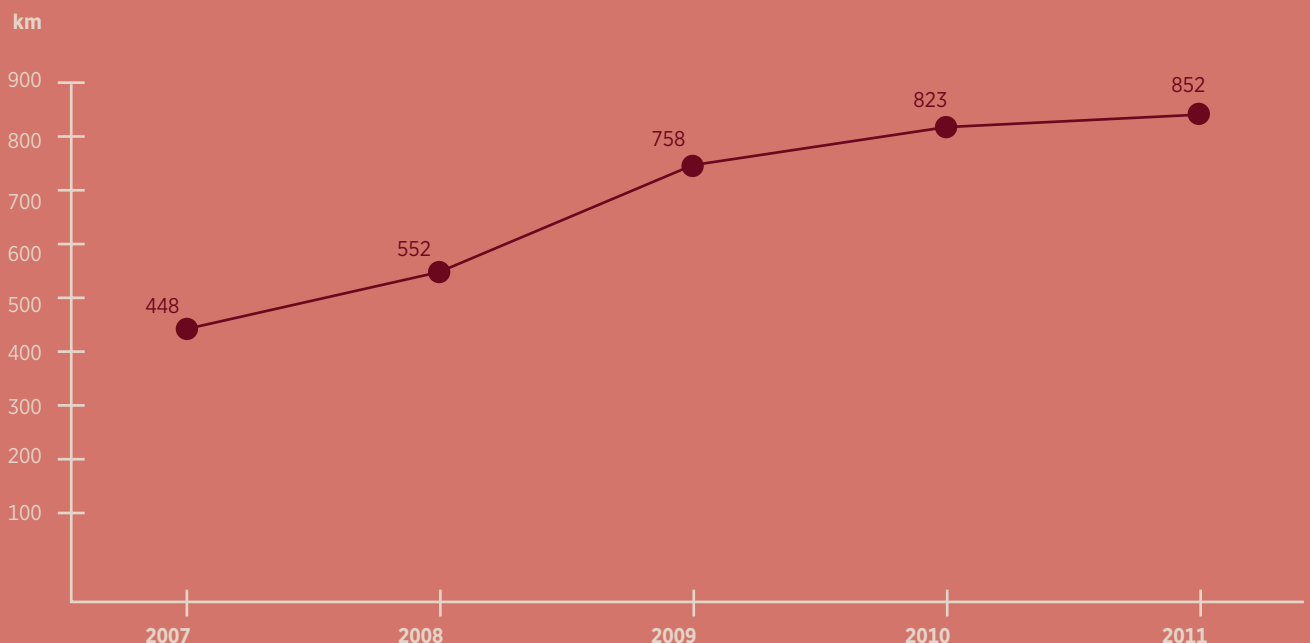
CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE REDES

Una correcta administración del recurso no sólo considera el desarrollo permanente de infraestructura y el otorgamiento de servicios de calidad a la población, sino que requiere además de una gestión eficiente que permita minimizar al máximo las pérdidas de volumen por fugas a lo largo de la red, provocadas regularmente por fallas en la instalación de origen o por caducidad de su vida útil. Lo anterior ha llevado a la inversión de 1,178 millones de

pesos destinados a la rehabilitación de 791 kilómetros de red de agua potable cuya vida útil había sido rebasada o registraba afectaciones derivadas de hundimientos en el subsuelo; el recurso aplicado permitió la construcción de 61 kilómetros adicionales de red nueva, logrando reducir considerablemente el número de fugas, lo que se traduce en un reforzamiento del suministro de agua potable y en un incremento de la eficiencia de operación de la red.

Se invirtieron 166 millones de pesos que permitieron automatizar 334 pozos de agua potable, lo que representó un incremento en este tipo de equipamiento del 240%.

CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE REDES Acumulados 2007—2012



MACROSECTORES

- Sitio de medición existente
- Sitio de medición construido

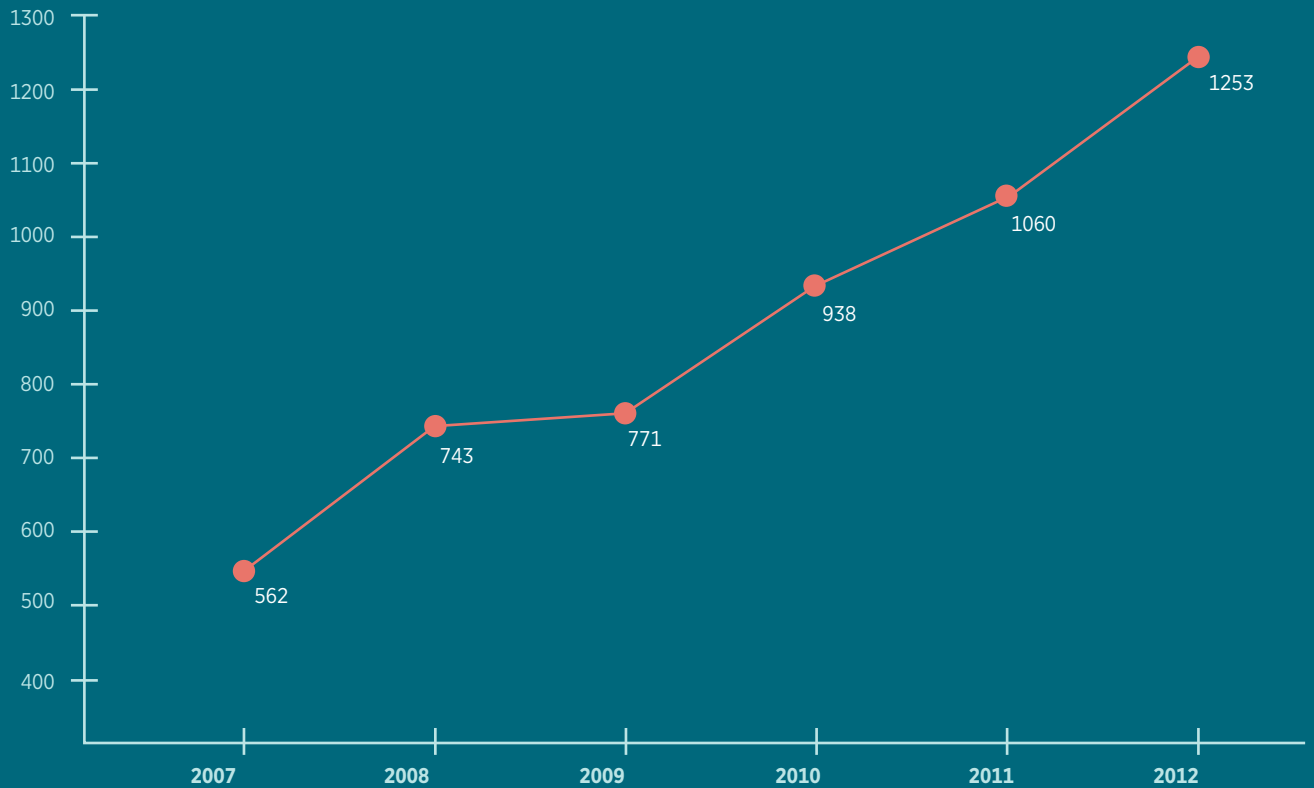


SECTORIZACIÓN

En el año 2004 fue iniciado el proyecto de sectorización de la red, el cual ha sido continuado por la presente administración como una respuesta al notable incremento de la longitud de la red de agua potable durante los últimos años, lo cual dificulta su mantenimiento y operación provocando, entre otras deficiencias, variaciones de presión en diversos puntos de la ciudad.

La sectorización contempla la división de la red de distribución de agua potable en 336 sectores de la red secundaria, aún en proceso, agrupados en siete macrosectores que han sido concluidos, considerando el desarrollo de 103 estaciones de medición de flujo en transferencias de la red primaria y la instalación del mismo número de medidores de flujo electromagnéticos y ultrasónicos que permitirán conocer los caudales suministrados a cada delegación.

Cada sector podrá ser estudiado mediante estaciones de medición de caudal y presión, con el fin de conocer su balance hidráulico y optimizar su comportamiento, lo que permitirá gestionar las presiones que están relacionadas directamente con los índices de fuga; otras importantes ventajas que se verán reflejadas son la distribución más homogénea y eficiente de los caudales, la continuidad en el abasto del recurso, el aumento de la efectividad de las reparaciones y la prolongación de la vida útil de las tuberías de la red. El desarrollo de este complejo proyecto de sectorización, una vez concluido en su totalidad, permitirá reducir considerablemente las pérdidas generadas durante la distribución del agua y potenciará el aprovechamiento del recurso a nivel macro, en beneficio de los habitantes del Distrito Federal.



MEDICIÓN

En materia de micromedición, se implementó un ambicioso programa de rehabilitación y sustitución de medidores domiciliarios con el objetivo de mejorar eficiencia comercial del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, a través de la determinación del volumen de consumo real de una mayor cantidad de usuarios y la generación de un sistema de facturación más objetivo, obteniendo resultados por demás favorables.

A principios de esta administración, el inventario de medidores domiciliarios en toda la ciudad ascendía a 1 millón 272 mil 277 unidades, de los cuales únicamente un 47.4% presentaban un correcto funcionamiento; el resto exhibía serias deficiencias derivadas de una vida útil concluida o daños en su estructura, lo cual demandaba un mantenimiento urgente y, en algunos casos, la sustitución definitiva.

Ante este panorama se destinaron recursos por más de 910 millones de pesos en el periodo 2007-2012, que permitieron duplicar en más del doble la cantidad de medidores que se encontraban en operación, al alcanzar una cifra de 1,253,626, lo que representa la instalación más significativa de dispositivos de medición en un periodo de 15 años.

En este contexto, la reasignación de tarifas por consumo de agua en el Distrito Federal ha sido otro logro alcanzado, que permite garantizar un pago justo acorde con el consumo medido en un bimestre; las tarifas y los subsidios otorgados se determinan en función de la manzana donde se ubique la toma de agua, divididas en popular, baja, media y alta; en consecuencia se puede tener una tarifa más justa y equitativa.

Esta importante reforma realizada a las tarifas, aunada a la correcta implementación de los sistemas de medición, ha permitido fomentar una cultura generalizada en el cuidado del agua y su preservación, modificando los hábitos de consumo de la población que al contar con un servicio medido y la determinación de pagos más justos, procura un consumo más racional del recurso, evitando el derroche y los usos no adecuados.

A la par de estas acciones, también se realizó de manera permanente la detección, sanción y clausura de tomas clandestinas que además de afectar las condiciones físicas de la red de distribución de agua, disminuyen el suministro del recurso de la población que si cumple con el pago de los servicios, además de la afectación a los ingresos del Sistema de Agua que impacta de manera negativa en el desarrollo de obras y servicios que requiere la ciudadanía.

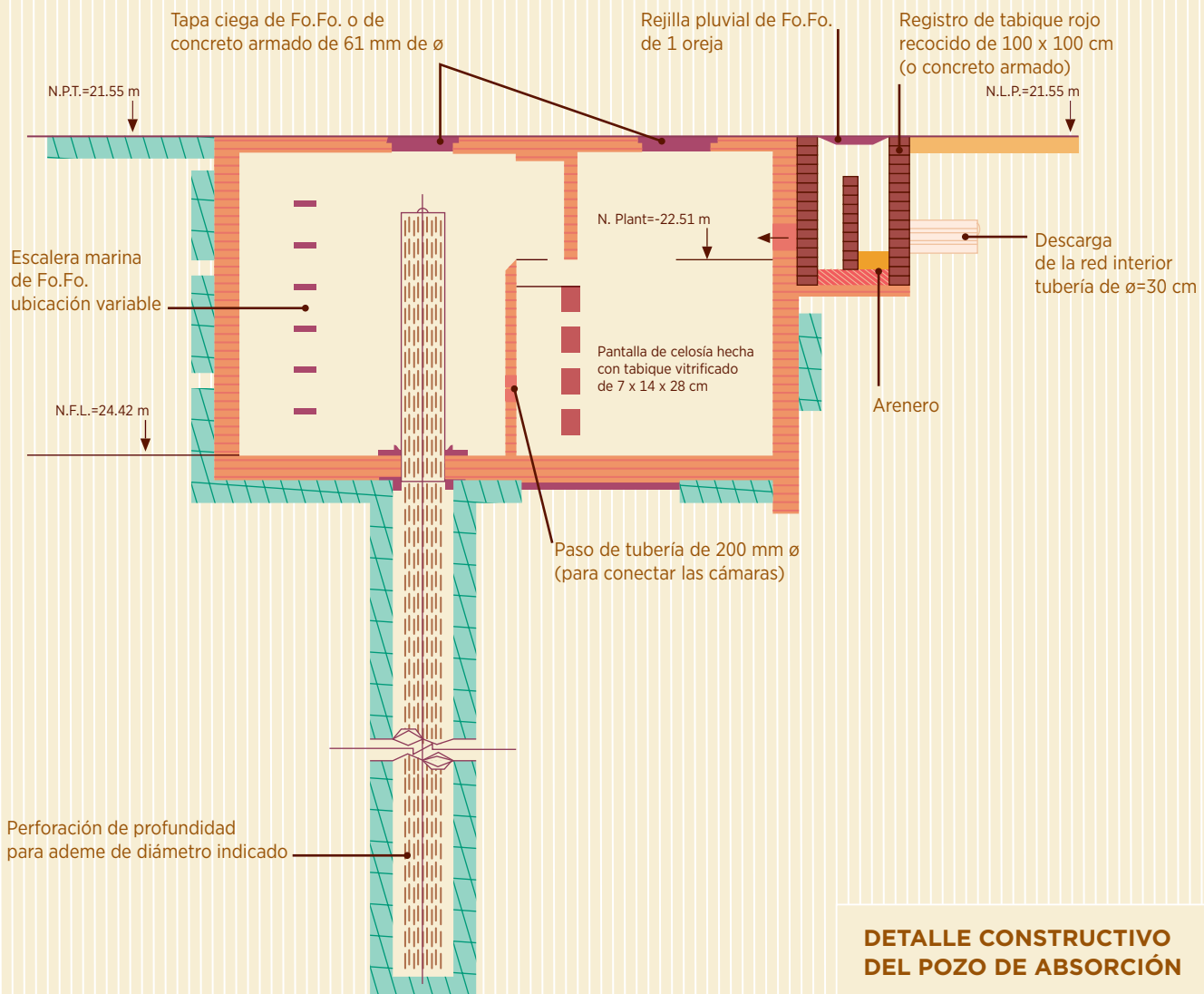
POZOS DE ABSORCIÓN

A la par de las obras anteriores y buscando contribuir a restablecer de forma gradual el equilibrio del manto acuífero del Valle de México, se han desarrollado proyectos que contribuyen a incrementar la cantidad de pozos de absorción y mejorar la operación de los ya existentes.

Es así como durante la presente administración se invirtieron más de 105 millones de pesos en el desarrollo de obras para la construcción y rehabilitación de pozos de absorción en diversos puntos de la ciudad; con ello se estima que al acuífero se infiltra un caudal de 700 litros por segundo anualmente, lo que ha representado una opción viable de recarga artificial, mediante la infiltración de aguas pluviales, además de contribuir a la

reducción de encharcamientos; si bien es cierto que estos proyectos requieren fuertes inversiones, el impacto final generado justifica la aplicación de los recursos financieros.

El conjunto de todos estos resultados obtenidos en materia de agua potable ha permitido avanzar firmemente en algunas de las estrategias planteadas dentro del *Plan Verde*, el Programa Sectorial de Medio Ambiente 2007-2012 y el Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México, en el sentido de reducir las pérdidas en la red y los domicilios, por medio de la reparación y sectorización de la red, así como la promoción del ahorro y uso eficiente del agua a nivel domiciliario.





RESCATE DEL RÍO MAGDALENA

El Programa de Rescate de los Ríos Magdalena y Eslava simbolizan la vocación de nuestro gobierno por revertir el deterioro ambiental de la cuenca del Valle de México. Este programa incluye atención a los aspectos ambientales, hidráulicos, urbanos, económico-sociales y de protección al patrimonio cultural y la construcción de espacios públicos con el objetivo de reestructurar las relaciones sociales ante un creciente problema de abastecimiento y manejo del agua.

Este programa es pionero en el país frente al reto de restaurar nuestros ríos y es comparable con otras experiencias de rescate de ríos urbanos en el terreno internacional. Representa un cambio fundamental en la política ambiental de la ciudad al rescatar el último río vivo y no entubarlo como se hizo con muchos otros ríos.

La iniciativa forma parte de una visión sustentable dentro de una zona específica y fundamental para la Ciudad de México por ser uno de los escasos aportes de agua dulce superficial del que se abastece a un porcentaje de la población de esta mega ciudad. Ambos ríos nacieron al sur-poniente del Distrito Federal dentro del suelo de conservación y penetran el área urbana desde la Cañada en la Delegación Magdalena Contreras, hasta la avenida Río Churubusco en la Delegación Coyoacán. Estos ríos se encontraban en avanzado estado de deterioro por recibir el vertimiento de aguas residuales y residuos sólidos en los sitios por donde pasan, tanto en asentamientos irregulares como en zonas residenciales donde se han emplazado una gran cantidad de condominios horizontales cuya densidad urbana resulta considerable.

El Programa de Rescate de los Ríos Magdalena y Eslava inició en el año 2007 y se estructuró en tres etapas: la Etapa I (2007-2008) correspondió a la elaboración del Plan Maestro, instrumento indispensable para contar con una visión de conjunto sobre el reto que significa la limpieza de un río urbano.

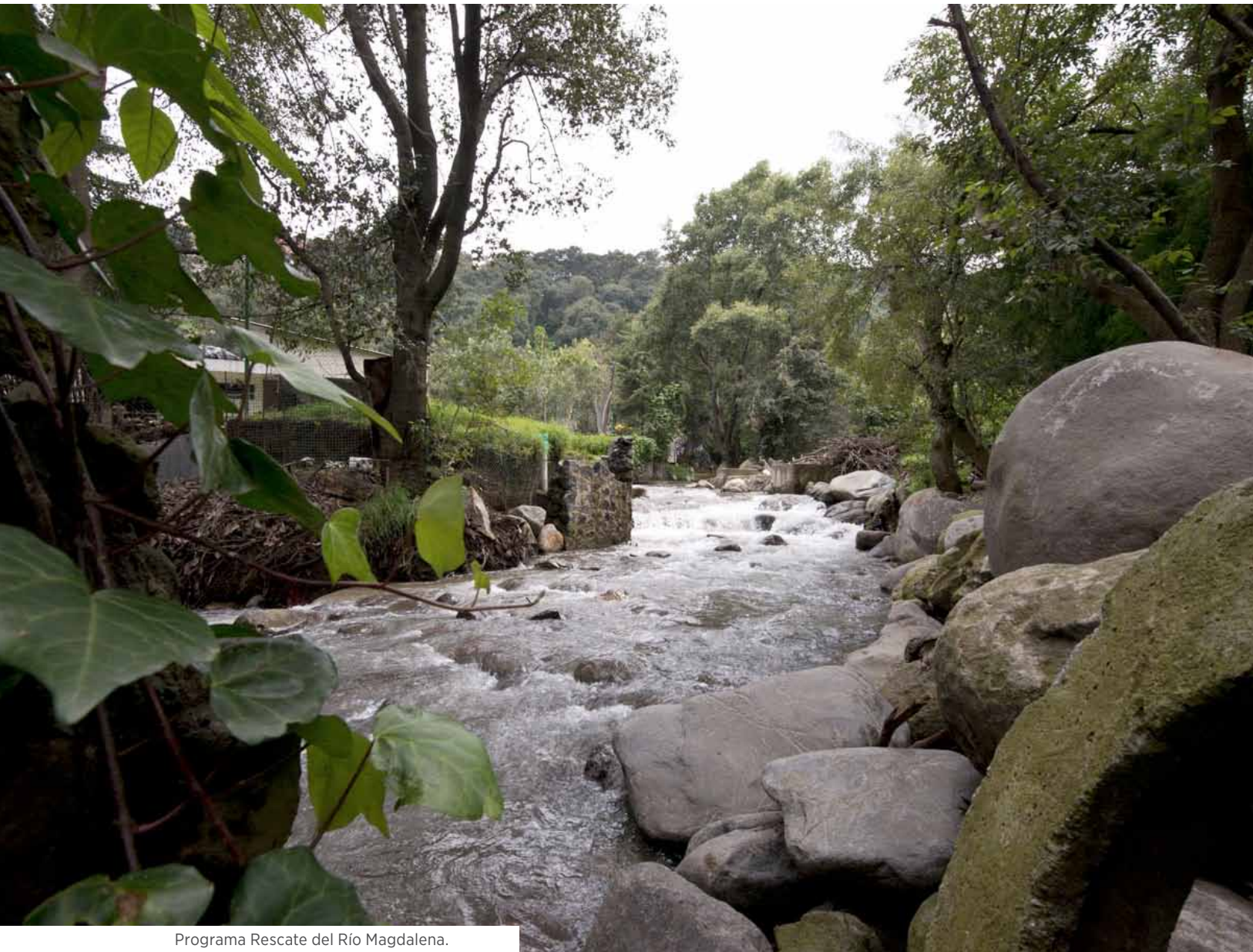
En esta etapa se iniciaron las obras de conservación y restauración ambiental en el suelo de conservación con comuneros y ejidatarios, particularmente para proteger los recursos naturales de la parte alta de la cuenca y se iniciaron los trabajos para incrementar la humedad del.

Con el Plan Maestro brinda orden temporal y sentido espacial al manejo, conservación, uso y restauración que requiere la cuenca del río Magdalena. Comprendió la construcción de campamentos para combatientes de incendios, casetas de vigilancia, presas de gavión y geocostal, viveros de producción diversificada, rehabilitación de caminos, reforestación, compra de herramienta y equipo, apoyo en jornales, construcción de colectores marginales, ordenamiento comercial y la obtención de 16,800 m² de espacios públicos rehabilitados.

En la Etapa II, que se ejecutó en el año 2009, se elaboraron los proyectos ejecutivos para obras de saneamiento hidráulico y para la recuperación de espacios públicos y para la restauración de nuestro patrimonio arquitectónico. Es importante destacar que las intervenciones derivadas del Plan Maestro se dirigieron a dos líneas de actuación: la primera, al saneamiento y recuperación hidrológica del río Magdalena, para que el caudal que corre por el lecho del mismo posea una óptima calidad del agua y así contribuir a la regeneración del entorno natural y su conservación a largo plazo. La segunda línea a la recuperación de espacio público de las riberas del río Magdalena con el objeto de proporcionar áreas verdes dotadas de mobiliario urbano e iluminación adecuados para uso de la población que reside en las zonas aledañas y los visitantes provenientes de otras zonas de la ciudad o el país.

Se trata de brindar condiciones para propiciar el desarrollo de un tejido social, en un entorno adecuado y seguro para la interacción social y las actividades recreativas. En resumen, el Programa de Rescate de los Ríos Magdalena y Eslava se encarga de la construcción de 20,847.80 m de colectores para recibir las descargas de aguas residuales, que en el pasado se vertían al cauce del río y se recuperan 19,000 m² de espacio público rehabilitado con intervenciones en plazas y parques públicos de Contreras.

Estamos convencidos de que en el tema del agua, como en tantos otros, se requiere un cambio profundo de mentalidades, un cambio cultural que haga compatible el desarrollo social y económico con el cuidado de la naturaleza, y que anteponga el bien colectivo a la ambición individual.



Programa Rescate del Río Magdalena.



Recuperación de espacios en el río Magdalena.



AGUA PARA IZTAPALAPA

Durante el periodo 2007-2012, en Iztapalapa se invirtieron 2,472 millones de pesos, en diversas obras para mejorar la cantidad y la calidad de agua ofrecida en esa delegación, entre las que sobresalen: la inversión de 946 millones de pesos para rehabilitar; 785 kilómetros de red; 192 millones de pesos en la reposición de 22 pozos; para mejorar la calidad del agua se construyeron 7 plantas potabilizadoras con capacidad de 2,310 litros por segundo con una inversión de 657 millones de pesos; se rehabilitaron 20 plantas potabilizadoras con una capacidad de 1,060 litros por segundo, con una inversión de 210 millones de pesos; se formaron 36 sectores hidrométricos con un costo de 166 millones de pesos, y se construyeron líneas y redes de agua potable con un costo de 169 millones de pesos.

Hoy, Iztapalapa cuenta con un mayor abasto del agua y de mejor calidad.

ACUEDUCTO SANTA CATARINA

Dentro de las obras realizadas destaca el Acueducto Santa Catarina, que representa una de las de mayor impacto y beneficios, ya que consiste en llevar agua directamente por un ducto que la entrega en la parte alta de la Sierra de Santa Catarina para regar la zona con mayores deficiencias en el servicio de agua en toda la ciudad. A partir de su puesta en operación en el año 2008 se han mejorado sustancialmente las condiciones de vida de los habitantes de más de 10 colonias de la delegación.

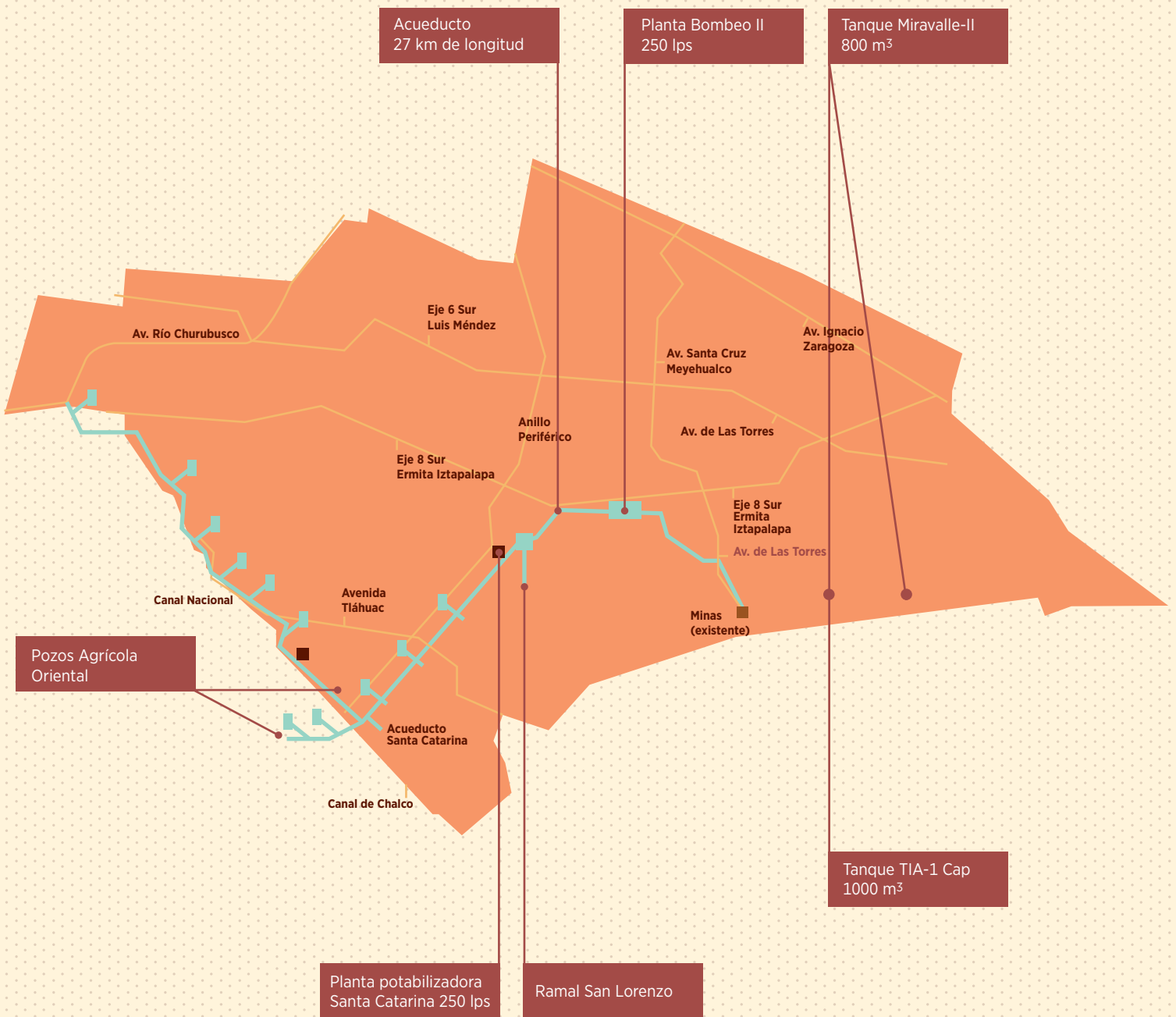
El acueducto incluye diez pozos debidamente equipados cuyo caudal aportado por cada uno de ellos de 60 litros por segundo, generando en su conjunto 600 lps; una línea de conducción con longitud de 27 kilómetros de largo; una planta potabilizadora de 250 lps y dos plantas de bombeo, la Periférico con capacidad de 500 lps y la Pozos II con una capacidad de 300 lps, encargadas de la tarea más difícil, elevar el agua 150 metros para finalmente entregar el agua en dos tanques de almacenamiento de concreto armado, con capacidades de 1,000 y 800 metros cúbicos.

AGUA PARA IZTAPALAPA 2007-2012

INVERSIÓN

Obra	Inversión en MDP
Rehabilitación de redes	946
Construcción de plantas potabilizadoras	657.47
Rehabilitación de plantas potabilizadoras	210.68
Reposición de pozos	191.82
Rehabilitación de plantas de bombeo de agua potable	25.44
Construcción de plantas de bombeo de agua potable	19.61
Construcción de tanques de almacenamiento de agua potable	9.34
Construcción de líneas de conducción de agua potable	43.30
Sistemas de agua potable	168.89
Rehabilitación de pozos	6.59
Sustitución de tomas domiciliarias	27.49
Sectorización	166.15
Total	2,472.78

ACUEDUCTO SANTA CATARINA



INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

- Presas
- Drenaje
- Lumbreras
- Colectores



P.B. Vaso El Cristo
Q=9.0 m³/s

P.B. Gran Canal
18+500
Q=40 m³/s

P.B. Canal
de Sales
Q=10m³/s

P.B. Gran Canal
11+600
Q=20m³/s

Cárcamo superficial
Casa Colorada
Q=20m³/s

DRENAJE

En materia de drenaje y saneamiento se invirtieron más de 7,422 millones de pesos en la ejecución de obras que han permitido garantizar la correcta operación de los diferentes canales de desalojo de las aguas residuales y pluviales, mejorando en consecuencia su recolección y tratamiento y disminuyendo considerablemente las afectaciones a la población derivadas de inundaciones y encharcamientos provocados por uno de los principales problemas que sufre la zona metropolitana: el gradual hundimiento debido a la baja capacidad de recarga y la sobreexplotación del acuífero del Valle de México.

La finalidad de la compleja red de drenaje que opera en la ciudad es desalojar el agua de una cuenca hidrológica cerrada en su origen, formada por una zona lacustre con baja pendiente e impermeable y cuya estructura consta de cuatro salidas artificiales, además de una red de drenaje primaria de tipo combinado para la conducción de agua residual y pluvial mediante colectores, y una red secundaria conformada por sistemas de atarjeas que recolectan las aguas residuales y pluviales provenientes de las descargas domiciliarias.

OBRAS DE ALCANTARILLADO, DRENAJE Y SANEAMIENTO

Concepto	Unidad	Cantidad	Gasto o volumen	Población beneficiada	Inversión (mdp)
Construcción de plantas de tratamiento	Planta	1	50 lps	21,600	70.04
Rehabilitación de plantas de tratamiento	Planta	6	4.36 m ³ /s	1,883,520	390.49
Construcción de líneas de agua tratada	km	7 846		247,520	30.06
Rehabilitación de líneas de agua tratada	km	15.3		241,920	69.12
Desazolve de presas, lagunas, ríos y canales	m ³	2,741,432		1,200,000	660.24
Construcción de colectores	km	70.183		2,426,106	786.12
Rehabilitación de colectores	km	26.337		917,800	181.88
Construcción del drenaje profundo	km	1.93		1,138,493	210.64
Rehabilitación del drenaje profundo	km	48.468		1,300,000	1,643.50
Obras para eliminar encharcamientos	Obra	47		3,636,000	866.58
Reforzamiento de bordos	km	43.56		3,062,000	170.17
Construcción de plantas de bombeo de aguas negras	Planta	15	85.55 m ³ /s	12,907,400	1,005.38
Rehabilitación de plantas de bombeo de aguas negras	Planta	53	789.94 m ³ /s	4,026,000	1,301.75
Automatización de presas, obras de toma, canales, lumbreras y estaciones pluviométricas	Sitio	145			36.80
Subtotal					7,422.77

PLANTAS DE BOMBEO DE AGUAS PLUVIALES Y RESIDUALES

El desarrollo de estos grandes proyectos ha permitido mitigar de manera considerable la problemática del hundimiento de la ciudad y las inundaciones que éste genera; sin embargo, el desarrollo de obras adicionales que permitan restablecer de manera gradual el equilibrio del acuífero y afrontar los cambios de elevación en los sistemas de drenaje que operan actualmente, son de vital importancia para lograr una eficiente captación y desalojo tanto de los caudales provocados por las lluvias, como de las aguas residuales, siendo las plantas de bombeo de aguas negras un ejemplo claro de ello.

Las plantas de bombeo se encuentran en el Canal de Sales, con capacidad para bombear 10 mil litros por segundo de agua residual; en la laguna Casa Colorada, con capacidad para 20 mil litros por segundo; en el kilómetro 11+600 del Gran Canal, con capacidad para 21 mil litros por segundo, y en el área conocida como Vaso de Cristo, con capacidad para bombear 9 mil litros por segundo. Por la gran importancia que tienen, se destinaron cerca de 2,307

millones de pesos a la construcción de 15 plantas de bombeo de aguas negras y para la rehabilitación de 53 más, destacando entre los nuevos proyectos las plantas El Rosario en la delegación Azcapotzalco, la Indeco-Laguna en la delegación Iztapalapa y La Gitana y Tepantitlamilco en la delegación Tláhuac, con una capacidad conjunta de 9.55 metros cúbicos por segundo.

De aquellas que han sido rehabilitadas pueden mencionarse las plantas de bombeo Gran Canal en el kilómetro 11+600, Casa Colorada, Canal de Sales y Vaso el Cristo, cuyos trabajos fueron realizados en coordinación con el Gobierno del Distrito Federal y los Gobiernos Federal y del Estado de México, permitiendo incrementar en 50 metros cúbicos por segundo la capacidad del Gran Canal, así como aumentar la capacidad de regulación en el poniente y facilitar el aislamiento del Emisor Central para su mantenimiento y reparación, disminuyendo el riesgo de inundaciones y posibles afectaciones.



Vista aérea de la planta de bombeo de aguas residuales del Gran Canal km. 11+600.



Planta de bombeo de aguas residuales Muyuguarda.



Planta de bombeo de aguas residuales Indeco Laguna.



Planta de bombeo de aguas residuales Vaso de Cristo.

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN EN DRENAJE

Es importante destacar el esfuerzo realizado por el Gobierno del Distrito Federal para reducir de manera significativa los costos y tiempos de ejecución de los mantenimientos realizados a la infraestructura hidráulica, especialmente a aquella que opera en el servicio de drenaje y saneamiento de la ciudad, por ser la que más daños sufre debido a los residuos y gases tóxicos que traslada en su interior. Estos mantenimientos reducen considerablemente las molestias y afectaciones causadas a los capitalinos.

Prueba de ello fue la rehabilitación y desazolve realizados al colector Río Consulado, el cual representa una importante red secundaria del sistema de drenaje de la Ciudad de México, al conducir en su interior altos volúmenes de aguas pluviales y residuales, estas últimas de tipo domésticas e industriales, generadas básicamente en las zonas oriente y norte de la ciudad.

La antigüedad de este colector, el cual supera los 50 años de servicio, aunado a su deterioro físico, provocaron el colapso de su estructura en el año 2010, cuando se hundieron 10 metros de diámetro y 5 de profundidad debido a afectaciones como el desgaste de concreto, la corrosión del acero de refuerzo, los desprendimientos de la superficie interior del revestimiento y las filtraciones de agua.

El Gobierno del Distrito Federal, como respuesta inmediata a este hecho, inició los trabajos de mantenimiento en un tramo de 50 metros de longitud del colector, sin embargo, al realizar una inspección más detallada y detectar fallas internas de la misma naturaleza en el resto de la

tubería, así como azolves que obstruían en algunos casos hasta el 70% de su diámetro, se tomó la importante decisión de rehabilitar 1,589 metros del colector en dos etapas, para recuperar su capacidad de conducción y desalajo.

El desarrollo de estas fases contempló en primera instancia la detección de las deficiencias al interior de la tubería a través de un sistema móvil computarizado con cámara de circuito cerrado de televisión, el cual permitió elaborar un diagnóstico confiable y oportuno del estado físico y los obstáculos presentes a lo largo del colector.

Posteriormente se aplicó un novedoso proceso denominado curado en sitio, el cual consiste en la reparación de la tubería a través de un tubo flexible conocido como “manga”, elaborado a base de felpa con resinas de poliéster que posee propiedades de adherencia y solidificación, lo que permite recubrir de manera firme el interior del ducto proporcionándole un nuevo grosor, un menor coeficiente de fricción, mayor resistencia, flexibilidad, y por ende, una mayor vida útil.

Son significativas las ventajas del método de curado: hay reducción en tiempos y costos, ya que no se excavaron vías públicas, solamente la apertura de las tapas de los pozos de visita para tener acceso a cada sección, lo que se tradujo en un beneficio directo para la población que habita o transita en esa zona de la delegación Gustavo A. Madero, al reducir de manera considerable las molestias que generan este tipo de obras por la ruptura del pavimento en vialidades con alto tránsito vehicular.

DRENAJE PROFUNDO

En el año de 1900, el drenaje que operaba en la ciudad era conducido mediante el sistema de gravedad a través del llamado Gran Canal del Desagüe, el cual concluía su trayecto en el túnel de Tequisquiac, al extremo norte del valle, con una longitud aproximada de 50 kilómetros.

Para el año 1950 el hundimiento de la ciudad era considerable, por lo que se optó por la construcción de diques para confinar las aguas pluviales, además de realizar bombeo para lograr elevar agua del drenaje subterráneo al nivel del Canal de Desagüe, sin embargo, el hundimiento continuó causando problemas de inundación.

Con el transcurrir del tiempo la capacidad de conducción del Canal del Desagüe se vio seriamente afectada, lo que generó que en el año de 1962 se llevara a cabo la construcción del llamado Emisor Poniente, con una longitud aproximada de 15 kilómetros y que hasta la fecha conserva su capacidad de diseño de 30 metros cúbicos por segundo. Más tarde, buscando incrementar la capacidad de conducción, se optó también por el desarrollo de un drenaje alterno, dando origen a lo que hoy se conoce como el Sistema de Drenaje Profundo, el cual inicia operaciones en el año de 1975 y se compone en su estructura por un Emisor Central y nueve interceptores, con una longitud total de 153.3 kilómetros.

REHABILITACIÓN DEL EMISOR CENTRAL

Desde su inauguración hasta nuestros días, el Sistema de Drenaje Profundo ha estado operando de manera permanente, sin embargo, por mucho tiempo se omitieron acciones de supervisión que permitieran detectar afectaciones en su interior, provocadas en gran medida por la corrosión de los materiales debido a la conducción de aguas negras.

Tal fue el caso del Emisor Central, que durante 15 años careció de los mantenimientos preventivos y correctivos necesarios para su conservación; fue hasta principios de esta administración que se realizó una revisión estructural detallada, logrando determinar con ello un aumento en su coeficiente de rugosidad y la disminución de su capacidad de conducción de 200 m³/s a 120 m³/s, además de afectaciones como son filtraciones, exposición del acero y corrosión del concreto, que si bien no representaban un riesgo de colapso inmediato, requerían de una rápida atención para subsanar dichas fallas.

La rehabilitación del Emisor Central ha sido una de las más relevantes obras de los últimos años en desalojo de aguas pluviales, tanto por la inversión realizada, más de 1,643 millones de pesos, como por el impacto social generado principalmente en las delegaciones Venustiano Carranza, Iztacalco, Gustavo A. Madero, así como en los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec de Morelos.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO

Conducto	Longitud (km)	Diámetro	Profundidad (min-max) m
Emisor Central	50.0	6.5	48-217
Interceptor central	16.1	5.0	22-41
Interceptor centro-centro	3.7	5.0	25-26
Interceptor oriente	22.2	5.0	37-55
Interceptor centro-oriente	16.0	4.0	22-51
Interceptor del poniente	16.5	4.0	20-40
Interceptor Iztapalapa	5.5	3.1	11-16
Interceptor Obrero Mundial	0.8	3.2	10-16
Interceptor oriente-sur	13.8	5.0	20-23
Canal Nacional-Canal Chalco	8.7	3.1	15-17



Preparación de cimbra.



Elevadores utilizados en la rehabilitación.



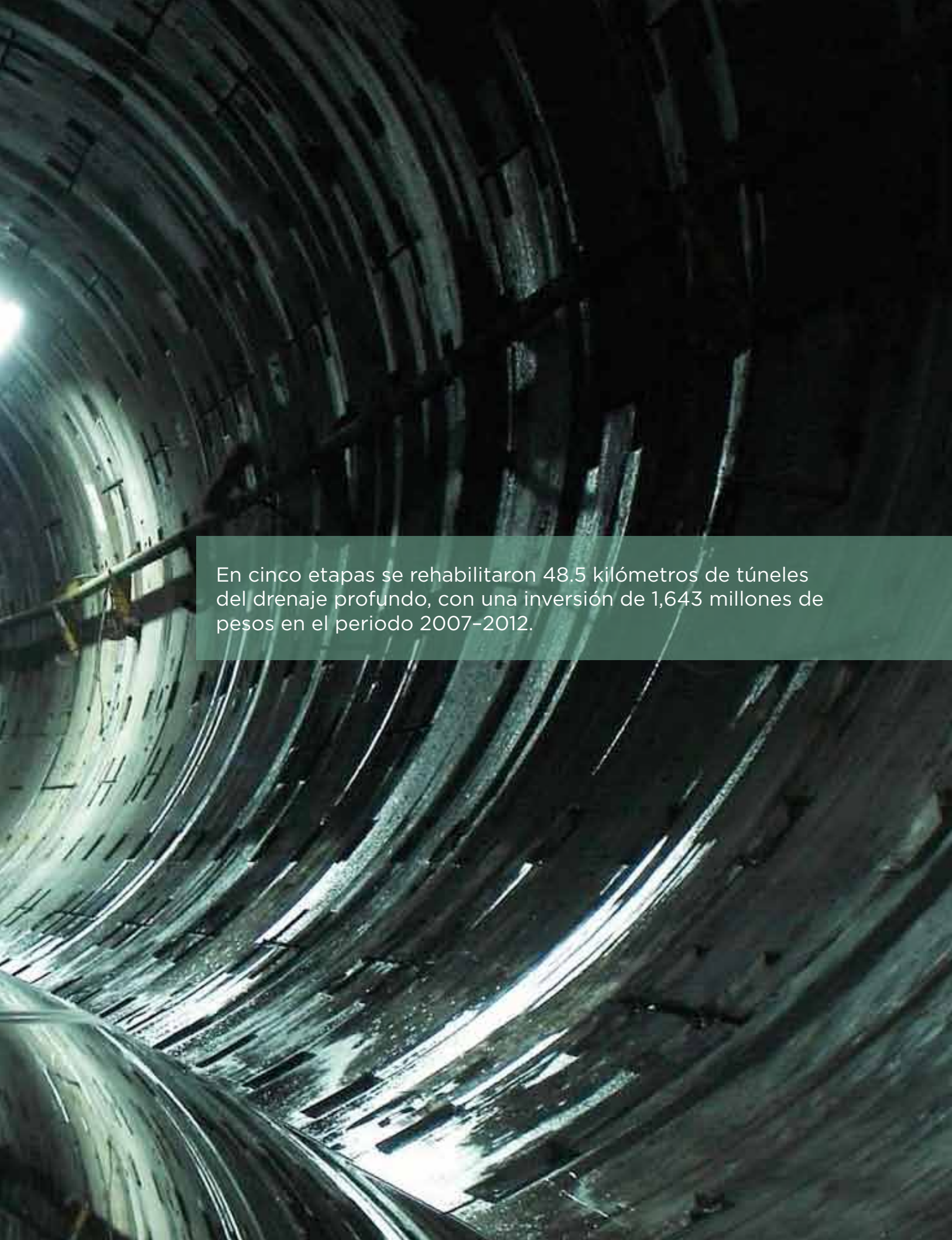
Concreto lanzado en la rehabilitación de interceptores.



Vista de un tramo del interceptor rehabilitado.



Acabado final en la rehabilitación del Interceptor Central.



En cinco etapas se rehabilitaron 48.5 kilómetros de túneles del drenaje profundo, con una inversión de 1,643 millones de pesos en el periodo 2007-2012.



Sistema de sedimentadores de la planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella.



MANTENIMIENTO DEL DRENAJE

En los trabajos de reparación se aplicaron las tecnologías más avanzadas, como la cimbra telescópica y el uso de materiales de alta calidad y duración a largo plazo, el concreto autocompactable y protecciones contra agentes químicos, lo que permitió incrementar la eficiencia en la capacidad de conducción, reduciendo el riesgo de inundaciones y afectaciones colaterales a la población, sin dejar de mencionar la eliminación del riesgo de un posible colapso futuro en su estructura.

El desarrollo de los trabajos en el Emisor Central estuvo dividido en cinco etapas, mismas que debieron ser realizadas durante las temporadas de estiaje de cada año para facilitar su desarrollo y disminuir los riesgos que podrían provocar su cierre temporal. Derivado de esto, autoridades en materia hídrica consideraron la posibilidad de contar con un emisor alternativo que permitiera dar continuidad a la operación del sistema de manera permanente, además de contar con infraestructura adicional para evitar los encharcamientos de las zonas bajas a consecuencia de las lluvias atípicas que suelen ocurrir algunos días del año, surgiendo de esta forma el proyecto de construcción del Túnel Emisor Oriente.

A lo largo del tiempo han sido desarrolladas importantes obras de drenaje que en su momento representaron una solución viable en la búsqueda de alternativas que permitieran el desalojo de las aguas residuales y pluviales fuera de la ciudad, sin embargo, con el paso del tiempo estos proyectos se han vuelto insuficientes para satisfacer la demanda de una población en constante crecimiento, razón por la cual el Gobierno del Distrito Federal tomó la decisión de ejecutar el ambicioso programa de mantenimiento constante al Sistema de Drenaje Profundo.

AGUA TRATADA Y REÚSO

El tratamiento y reúso de las aguas en la Ciudad de México es estratégico ya que permite generar importantes disminuciones en el consumo de agua potable. Se cuenta con 25 plantas de tratamiento operando y en los últimos años se ha avanzado aún más en este renglón con inversiones que alcanzan los 460 millones de pesos. Dentro de las acciones realizadas destaca la construcción de una planta tratadora y la rehabilitación de seis más, para alcanzar una capacidad de tratamiento 4,410 litros por segundo.

Entre las plantas que sobresalen: la inversión en la planta Cerro de Estrella cuya capacidad se incrementó de 2,000 a 3,000 litros por segundo; la nueva planta de contracorriente del Lago de Texcoco con una capacidad de 500 litros por segundo, el equipamiento y puesta en marcha de planta de Santa Fe con 280 litros por segundo y la rehabilitación de la Planta Coyoacán con 250 litros por segundo. A su vez, se construyeron y rehabilitaron más de 23 kilómetros de red para conducir agua tratada, invirtiendo para ello más de 99 millones de pesos.

Adicionalmente, en la planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella, se ubica además una planta piloto con capacidad de 20 litros por segundo para la recarga del acuífero con agua residual potabilizada.

UNIDAD TORMENTA

Como puede observarse, la mayor parte de las obras, programas y acciones realizados durante la presente administración han surgido de un proceso de planeación previo que contempla la identificación de necesidades actuales y la proyección de incrementos en las demandas futuras, buscando mejorar e incrementar la infraestructura hidráulica con el fin de proporcionar altos estándares de calidad de agua para toda la población, tanto en los servicios como en el líquido abastecido.

Otras obras más nacen como una reacción inmediata para atender de manera urgente las demandas de la población derivadas de contingencias provocadas por fenómenos naturales atípicos, procurando resolver de manera definitiva las fallas que dieron origen a las afectaciones; éste es el caso del programa denominado Unidad Tormenta, el cual se puede definir como un eje de repuesta inmediata a través del cual se atienden y solucionan problemas de encharcamientos e inundaciones en la capital; desde su aplicación por parte del Gobierno del Distrito Federal en el año 2007 se han logrado resultados muy favorables. El principal objetivo de este innovador programa es el desarrollo de acciones de tipo preventivo y la pronta respuesta a los reportes de afectación provocados



Operativo Unidad Tormenta.

por lluvias, basando su marco de acción en las siguientes premisas: la toma de previsiones con base en los pronósticos de lluvias; el establecimiento de campamentos provisionales en 90 sitios estratégicos, ubicados en vialidades cercanas a los puntos de inundación y la realización de operativos en atención de dónde y cuánto llueve; efectuar una supervisión constante de la infraestructura hidráulica durante toda la temporada de lluvias para hacer eficiente su operación; así como el establecimiento de un sistema de coordinación con las instituciones que cuentan con recursos y personal para emergencias, como la Secretaría de Seguridad Pública, la Secretaría de Protección Civil, el H. Cuerpo de Bomberos, las 16 delegaciones y el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Es importante destacar que a través del Programa Unidad Tormenta se han logrado unir los esfuerzos y recursos de las diferentes dependencias, mismos que anteriormente actuaban de manera autónoma y desorganizada, pero que coincidían en la emergencia. Se ha logrado también ser el contacto directo con los medios de comunicación para emitir información sobre eventos de lluvia y

dar a conocer los trabajos que el Gobierno del Distrito Federal realiza para resolver los problemas.

La capacitación al personal de las 16 delegaciones también forma parte del éxito de este programa, ya que tiene como finalidad su incorporación al manejo de la base de datos para atender emergencias, permitiendo una coordinación más estrecha entre el Sistema de Aguas de la Ciudad de México y las delegaciones, además de incrementar la capacidad de respuesta en forma sistemática.

Otras acciones realizadas dentro del programa son:

- El programa anual de rehabilitación y mantenimiento del Drenaje Profundo en época de estiaje.
- Un programa de mantenimiento a instalaciones, estructuras, plantas de bombeo, compuertas y cárcamos.
- El establecimiento del Protocolo de Operación Conjunta de la Infraestructura Hidráulica del Valle de México (CONAGUA, CAEM, SACMEX).
- El desazolve de redes y accesorios del drenaje.
- El desazolve de presas y lagunas.
- La construcción o rehabilitación de colectores.
- El programa de obras para prevenir inundaciones.

INFRAESTRUCTURA DEL PROGRAMA UNIDAD TORMENTA

Dependencia	Tipo y cantidad
SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA	400 motocicletas 800 patrullas 1,400 elementos 200 cámaras
H. CUERPO DE BOMBEROS	1 helicóptero 35 camionetas marca Lobo con equipo de bombeo a bordo 10 carros tanque 110 elementos
16 DELEGACIONES	83 equipos hidroneumáticos 405 elementos
SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO	78 estaciones pluviométricas de medición de lluvias 38 camiones hidroneumáticos 10 vehículos de emergencia equipados con bombas y generadoras 40 cuadrillas de desazolve 566 trabajadores y técnicos 25 motocicletas 120 radios Tetra del Sistema de Seguridad Pública



Compuertas de control del Drenaje General del Valle a los Lagos de Churubusco.

Uno de los logros más destacados obtenidos a través del Programa Unidad Tormenta es el incremento en la cobertura de los encharcamientos atendidos, ya que durante el primer año de su implementación, la cantidad ascendía a 2,008; actualmente la cifra rebasa los 4,200 encharcamientos atendidos, lo que representa un crecimiento considerable, más del doble a lo largo de la administración.

Un ejemplo claro del alcance de este programa es lo ocurrido los primeros días del mes de febrero del 2010, cuando por un lapso de 48 horas ininterrumpidas, precipitaciones severas provocaron el colapso del drenaje profundo y el desbordamiento del agua proveniente del lago Churubusco y la laguna de regulación horaria del drenaje general del valle, generando inundaciones en diversos sectores de la ciudad, afectando particularmente a los habitantes de las colonias Pensador Mexicano, Moctezuma y las secciones 3 y 4 de Los Arenales, todas ellas ubicadas en la delegación Venustiano Carranza, siendo esta última donde se presentó la situación más crítica, ya que el nivel del agua superó el metro de altura.

La magnitud de este evento derivó en la implementación del Programa Unidad Tormenta por parte del Gobierno del Distrito Federal, misma que demandaba la asistencia inmediata y coordinada por parte de las autoridades para preservar la integridad de la población afectada y desarrollar de manera inmediata proyectos que permitieran evitar nuevas afectaciones por desbordamientos.

Una de las más importantes fue la rehabilitación de la planta de bombeo de aguas combinadas El Arenal que demandó una inversión de 93.5 millones de pesos, la cual incluyó la dotación de una planta eléctrica propia y el aumento de la capacidad instalada a través del suministro y operación de un mayor número de motores, con lo cual se duplicó la capacidad de desalojo de agua al poder expulsar más de 3 mil litros por segundo. De manera alterna, se realizó la construcción de un sistema de compuertas para aislar el nivel del lago Churubusco del nivel del río de La Compañía, con lo que se permite que una vez que se encuentren llenos, el vaciado de los vasos reguladores en un tiempo de 24 horas; y la construcción de 1,600 metros de colectores adicionales, que complementan a los dos colectores que hay en la zona y poseen una mayor capacidad, lo que permite desalojar el agua de las calles y evitar los encharcamientos.

Eventualidades como éstas muestran el apoyo otorgado a la población a través del Programa Unidad Tormenta, el cual se ha consolidado como un proyecto funcional de atención rápida a emergencias que permite minimizar los impactos de los fenómenos atípicos en la integridad y el patrimonio de los ciudadanos, mediante la movilización inmediata y coordinada de los diferentes recursos disponibles por parte de las instituciones que colaboran y el desarrollo de obras y acciones que permitan resolver los problemas en el menor tiempo posible.

OBRAS PARA ELIMINAR ENCHARCAMIENTOS E INUNDACIONES 2007-2012

Tipo	Número de acciones	Capacidad (lps)
Plantas de bombeo de gran capacidad contra inundaciones	15	85,550
Obras para eliminar encharcamientos	69	25,000
Rehabilitación de grandes plantas de bombeo	57	802,640
Rehabilitación de sistemas de bombeo en pasos a desnivel y obras menores	31	564,000
Total	172	

INMERSIÓN EN AGUAS NEGRAS

Por estar construida en lo que fue el lecho de un lago y a falta de un río que cruce la ciudad, gran parte de las calles de la Ciudad de México carece de pendientes para el drenado del agua de lluvia, por lo que ésta se tiene que mover mediante tubos y plantas de bombeo. Con 90 grandes plantas de bombeo de aguas residuales y pluviales la capital del país tiene uno de los drenajes más complicados del mundo. Por ello, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México ha tenido que desarrollar una peculiar área de apoyo a los trabajos de operación y mantenimiento de esta infraestructura excepcional: incluir buzos en su plantilla.

Vale la pena destacar las singulares acciones realizadas al interior del sistema de drenaje de la Ciudad de México por parte de un valioso integrante del equipo de trabajo del SACMEX, el mexicano Julio César Cu Cámara, quien actualmente se desempeña como Jefe de Buzos en la Oficina de Apoyo a Emergencias y Mantenimiento Civil. Julio César realiza su trabajo inmerso de manera directa en los caudales de aguas negras que circulan al interior de las diferentes redes y colectores marginales, para mantenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento, sustituyendo en muchas ocasiones las labores realizadas por máquinas u otras tecnologías que requieren la aplicación de más recursos financieros y un tiempo de ejecución mayor.

Con 29 años de experiencia y más de 1,500 inmersiones en el sistema de drenaje de la ciudad, César Cu ha desarrollado habilidades y destrezas muy particulares que le permiten desempeñar de manera profesional la compleja labor de maniobrar prácticamente a ciegas, ya que no hay visibilidad en las aguas negras. Las actividades desarrolladas por Julio César van desde revisiones a las diversas bombas y compuertas que operan en el sistema, hasta la remoción de objetos que impiden el correcto flujo de las aguas negras, e incluso, en situaciones de emergencia, ha contribuido al rescate de civiles, en conjunto con autoridades de protección civil.

En la opinión de este buzo que ha conocido más que cualquier otro las entrañas del sistema de drenaje, la operación de las diferentes redes y colectores de aguas residuales y pluviales que existen en la Ciudad de México, mejorarían notablemente si se eliminara el hábito de arrojar desechos sólidos en las calles y si se adoptara una cultura de cuidado y aprovechamiento del agua.





Proceso de inspección en el cárcamo de la planta de bombeo de agua residual 18+500.

An aerial photograph of a river with a dam. The water is turbulent, with white foam and splashing. The river flows from the top of the frame towards the bottom, where a dam structure is visible. The water is a mix of light and dark green, with white foam from the dam's spillway.

3

PRINCIPALES RETOS DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

PRESENTACIÓN

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México concentra una gran red de especialidades de todo tipo, desde las ingenierías: civil, mecánica, eléctrica, hidráulica, sanitaria, química, geológica, geofísica, de túneles, telemática, hasta áreas como economía, finanzas, contabilidad, informática, mercadotecnia y derecho, por citar algunas.

Es el organismo más complejo del país y quizás lo sea del mundo. Dicha complejidad se traduce en un sinfín de retos por resolver y en una agenda muy amplia de acciones y esfuerzos para lograr un abastecimiento sustentable y enfrentar la amenaza latente de inundaciones en temporada de lluvias.

Dotar de agua a una macrourbe como la Ciudad de México, que se encuentra a más de 2,200 metros sobre el nivel del mar, es realmente difícil; hay que destacar que las otras como, Tokio y Nueva York, están al nivel del mar y Sao Paulo a 860 metros. En el caso de nuestra ciudad, la extracción del agua del acuífero ha sido el factor que ha permitido resolver su abastecimiento sin muchas complicaciones.

Sacar agua de un subsuelo poroso ha sido, hasta ahora, el factor de solución a muchos de los problemas del Valle de México y aunque la extracción no se ha incrementado en los últimos años, al menos no por el gobierno de la ciudad, conforme a las cifras oficiales supera en mucho a la recarga.

Pero la sobreexplotación del acuífero no puede ser ilimitada ni continuar por tiempo indefinido. En unas cuantas décadas se ha extraído el agua que se infiltró por cientos de años y los expertos coinciden en que ya se inició un claro deterioro, con complicaciones que se irán incrementando gradualmente hasta alcanzar una situación crítica en unos treinta o cuarenta años, un periodo muy corto para sentenciar al servicio básico más importante de la capital del país.

Por otro lado y en materia de drenaje el tema podría ser aún más delicado. Se trata de sacar el agua sanitaria y pluvial de la única ciudad en el mundo que se fundó en lo que antes era una laguna.

Por todo lo anterior, durante la administración del licenciado Marcelo Ebrard Casaubon se implementaron y lograron importantes avances duplicándose los montos de inversión para la construcción de la infraestructura que requiere la ciudad con objeto de mejorar la calidad de sus servicios.

Algunos ejemplos de estos logros son: atención al desabasto de las partes altas de la delegación Álvaro Obregón y en la sierra de Santa Catarina en Iztapalapa, incremento del 80 por ciento en la capacidad de potabilización de



la ciudad y la reparación del drenaje profundo, evitando con ello una gran inundación de consecuencias inimaginables. También se alcanzaron acuerdos con las autoridades federales y del Estado de México para la ejecución de proyectos de carácter metropolitano como son las cuatro megaplantas de bombeo, el túnel del Emisor Oriente y la Planta Atotonilco, los cuales estuvieron suspendidos y con resultados nulos por más de una década.

Es necesario seguir avanzando en la implementación de un programa a largo plazo, en el que se coordine la ejecución de aspectos diversos, con base en un plan perfectamente delineado que incluya todos los renglones de la agenda. Se requiere redoblar el esfuerzo hacia un *nuevo modelo hidráulico* que permita alcanzar soluciones que aseguren la sustentabilidad de las fuentes de abastecimiento y disminuir los problemas y riesgos de inundaciones.

Este plan ya ha sido elaborado y representó un esfuerzo de muchos meses del personal técnico y operativo del SACMEX, junto con la participación de consultores especialistas en materia de planeación. Este plan es el *Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos* (PGIRH) y contiene más de 2,200 acciones a lo largo de 20 años, con calendarios de ejecución congruentes con un plan presupuestal que integra recursos propios, ahorros derivados de mayores eficiencias, incrementos graduales en ingresos, así como el mantenimiento de subsidios federales y por parte del Gobierno de la Ciudad de México. El plan completo puede consultarse en la página www.sacmex.df.gob.mx y un breve resumen se incluye en las siguientes páginas. Para ser efectivo, el PGIRH requiere, en primer término, cumplirse cabalmente. Pero un organismo tan complejo como el SACMEX está sujeto a imprevistos y a la atención de muchos rezagos que pueden modificar la planeación original, por lo que resulta conveniente contar con un diagnóstico sobre su cumplimiento y su actualización cada año para asegurar su vigencia.

No obstante la planeación formal y ruta cuantitativa que representa el PGIRH, hemos considerado importante acompañarlo con las opiniones y recomendaciones de los expertos que de una u otra forma han participado con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, con lo que se define también la ruta cualitativa y estratégica de las acciones por desarrollarse.

De tal forma que en este capítulo se plasman las principales propuestas que realizaron 32 expertos en quince diferentes especialidades y que se integran en un esfuerzo por recoger las respuestas de estos especialistas ante el cuestionamiento del rumbo que debe tomar el Sistema de Aguas de la Ciudad de México para lograr servicios de calidad y sustentables en materia de agua potable, alcantarillado, reúso y saneamiento.

La mayoría de los expertos abarcaron varios temas. Recogimos 655 comentarios y recomendaciones, todas ellas congruentes con lo plasmado en el PGIRH; en la mayoría existen coincidencias. Hemos hecho un esfuerzo por recogerlas y plasmarlas por orden temático. Agradecemos a cada uno su participación y apoyo en este proyecto.

La mayoría de los expertos abarcaron varios temas. Recogimos 655 comentarios y recomendaciones, todas ellas congruentes con lo plasmado en el PGIRH; en la mayoría existen coincidencias. Hemos hecho un esfuerzo por recogerlas y plasmarlas por orden temático. Agradecemos a cada uno su participación y apoyo en este proyecto.

Ramón Aguirre Díaz

Director General del Sistema de Aguas
de la Ciudad de México



PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

El Gobierno del Distrito Federal, por conducto del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), formuló el *Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos* (PGIRH), en el cual se establecen, con un horizonte de planeación de 20 años, los lineamientos, acciones y metas para el manejo integral del agua y el medio ambiente; la prestación de los servicios de agua potable, drenaje, tratamiento y reúso del agua; la promoción de actividades relacionadas con la cultura del agua y el fortalecimiento institucional, con el fin de optimizar el desarrollo del sector agua en el Distrito Federal.

El PGIRH prevé una relación más estrecha con los usuarios, la rendición de cuentas sobre la eficiencia y desempeño del SACMEX, la mitigación de los riesgos asociados con la infraestructura hidráulica, así como la adaptación a los efectos esperados por el cambio climático en el ciclo hidrológico. Establece también un marco de prioridades para los subprogramas y proyectos que habrán de llevarse a cabo en los siguientes años, como la conservación, modernización y ampliación de la infraestructura, el ahorro del agua y las mejoras en sus usos, la recarga del acuífero, la perfección del sistema comercial y el saneamiento de la cuenca del Valle de México.

El programa cuenta con elementos jurídicos, técnicos, sociales, ambientales y financieros para desarrollar y evaluar con detalle las actividades a cargo del SACMEX. Asimismo, se establecen los objetivos del PGIRH —el cual es por ley el instrumento rector de la política hídrica del Distrito Federal— y se relacionan con la oferta programática, diseñada para consolidar la administración del agua de la Ciudad de México con base en un diagnóstico de la situación actual y en un escenario tendencial.

Los principios rectores, objetivos y ámbito de aplicación del PGIRH se sustentan en la Ley de Aguas del Distrito Federal, de acuerdo con la cual la planeación para el aprovechamiento y control de los recursos hídricos, así como la provisión de los servicios, debe basarse en un programa que prevea la integración, depuración, actualización y difusión de la información básica sobre la administración de los recursos hídricos y los servicios hidráulicos, así como la realización de estudios que permitan complementar y actualizar el acervo documental relativo a la disponibilidad, calidad y demanda del agua en el Distrito Federal.

En consecuencia, el PGIRH y los programas de prestación de servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales y su reúso

se presupuestan y evalúan anualmente. La evaluación permanente y sistemática del cumplimiento de metas y del impacto de las mismas resultará en la adecuación de las acciones, proyectos, políticas y subprogramas, bajo criterios establecidos para la plena satisfacción de las necesidades de la población, de manera sustentable, garantizando los servicios de agua y saneamiento como un derecho humano en cantidad y con calidad a todos los habitantes de la ciudad.

La formulación del PGIRH tiene como sustento los documentos en los cuales se marcan las políticas, lineamientos y estrategias determinadas por el Gobierno del Distrito Federal y demás órdenes de gobierno relacionados con la materia, que consideran la planeación a corto y mediano plazo realizada en los últimos años:

—*Programa General de Desarrollo 2007-2012*

—*Programa Sectorial de Medio Ambiente 2007-2012*

—*Plan Verde*: Programa de mediano plazo (15 años) que contiene estrategias y acciones para orientar la sustentabilidad del desarrollo de la Ciudad de México.

—*Programa de Acción Climática de la Ciudad de México*

—*Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México*, que integra el conjunto de acciones del Gobierno del Distrito Federal en materia de manejo del agua durante el periodo 2007–2012.

—*Programa Especial del Agua, Visión 20 años*: Programa hidráulico a largo plazo de la Ciudad de México y su zona metropolitana, 2012-2031.

Los lineamientos específicos para el sector agua en el Distrito Federal considerados en el *Programa General de Desarrollo 2007-2012* son:

—Disminuir significativamente el hundimiento de la ciudad a través del control de la sobreexplotación del acuífero.

—Avanzar sustancialmente en la recarga de los mantos acuíferos y en la recuperación y protección del suelo de conservación.

—Proteger el acuífero de posibles riesgos de contaminación.

—Abatir el riesgo de fugas, detectándolas y suprimiéndolas oportunamente.

—Sanear ambientalmente la cuenca del Valle de México.

—Avanzar sustancialmente en el tratamiento de las aguas servidas y el reúso de las mismas.

—Reducir en materia de agua potable el desequilibrio entre oferta y demanda.

—Lograr formas de gestión metropolitana en servicios como abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

PROGRAMA DE ACCIONES

Concepto	Unidad	Cantidad	Programa de acciones											
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
Nuevos aprovechamientos de manantiales	Manantial MDP	7 19	4 11	3 8										
Construcción de potabilizadoras prioritarias	Potabilizadora MDP	18 961	2 146	8 407	8 407									
Nueva fuente de abastecimiento	LPS MDP	4,000 6,359			*	*	*	1,000 978	1,000 1,467	1,000 1,957	1,000 1,957			
Rehabilitación de tuberías dañadas de agua potable	km MDP	85 151	57 100	341 602	341 602	341 602	341 602	227 401	114 201	114 201	284 502	284 502		
Nuevos colectores	km MDP	5 168	5 168	8 264	8 264	8 264	11 384	8 288	8 264	8 264	5 168	5 168		
Construcción de plantas de bombeo pluviales	BP MDP	30 3,313	1 133	2 248	3 285	3 358	3 374	4 431	3 341	4 480	3 331	3 331		
Rehabilitación de tuberías dañadas de drenaje	km MDP	1,130 6,054	43 230	53 286	147 789	147 789	147 789	147 789	68 362	83 442	147 789	147 789		
Pozos para captación de agua de lluvia en zonas urbanas	Pozo MDP	224 444	37 72	37 73	37 74	37 75	37 75	37 76						
Obras para incrementar la recarga natural en suelo de conservación	Bordos y represas MDP	75 863		15 173	15 173	15 173	15 173	15 173						
Apoyo a la reforestación en suelo de conservación	MDP	1,358		100	110	121	133	146	161	177	195	214		
Recarga del acuífero con agua tratada NOM-014	LPS MDP	5,000 2,193			*	*	*	500 110	1,000 329	1,500 658	2,000 1,097			
Micromedición de sectores domésticos y no domésticos	Micromedidor (mil) MDP	704 1,057	118 177	239 359	347 521									
Concluir la sectorización para mejor control del agua potable	Sector MDP	803 1,837	66 137	159 362	243 557	336 781								
Actividades de promoción directa (capacitación y programas de difusión)	MDP	906	60	80	80	96	90	90	90	90	110	110		
Campañas de comunicación social en medios electrónicos e impresos	MDP	544	36	48	48	58	54	54	54	54	66	72		
Otras acciones	MDP		714	796	1,177	2,097	4,191	3,283	2,561	1,862	2,756	6,233		
Inversión anual	MDP	5,784	2,034	3,208	5,086	5,412	6,745	6,915	5,854	6,185	7,970	8,429		
Inversión acumulada	MDP	57,838	2,034	5,242	10,328	15,740	22,485	29,400	35,254	41,439	49,409	57,838		
*Periodo de inversión sin egresos, infraestructura prevista a financiarse														
Obras financiadas con créditos externos o recursos extraordinarios														

Para la aplicación de las estrategias se han definido una serie de criterios que permiten determinar las prioridades en la aplicación y operación del PGIRH en cumplimiento de los mandatos y políticas que rigen las acciones del SACMEX. Las estrategias, líneas de acción, actividades específicas y metas del PGIRH contemplan las políticas y lineamientos a seguir enmarcados en cuatro macroprocesos, con el fin de satisfacer las necesidades ambientales y sociales en materia de agua, bajo un marco de sustentabilidad y con visión a corto, mediano y largo plazos para el cumplimiento de los objetivos estratégicos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Los macroprocesos del PGIRH reconocen y agrupan las actividades sustantivas y adjetivas del SACMEX en cuatro áreas independientes que confluyen en la consecución de los objetivos, de manera congruente con su misión y visión. Las estrategias o macroprocesos determinados son los siguientes:

- 1 Prestación de servicios hidráulicos
- 2 Gestión integrada de los recursos hídricos
- 3 Construcción y mantenimiento de infraestructura hidráulica
- 4 Fortalecimiento institucional

Para llegar a la definición de las inversiones necesarias se analizaron distintos escenarios de ingresos hasta tener una alternativa que armoniza las metas con los recursos que pueden estar disponibles a través de subsidios y de ingresos propios. Asimismo, se consideró que el SACMEX pudiera obtener créditos nacionales e internacionales para acelerar las inversiones bajo diversas modalidades.

El presupuesto y los objetivos del PGIRH se basan en I) un pronóstico realista para incrementar las tarifas a los altos consumos y establecer medidas con objeto de aumentar la eficacia comercial, II) la experiencia para promover subsidios y contratar créditos, y III) mejorar la capacidad de ejecución del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

La inversión requerida por el PGIRH, tan sólo para los primeros 10 años, asciende a 135,810 millones de pesos, los cuales se distribuyen conforme a la tabla de la página izquierda. En el PGIRH se realizó una programación de acciones para el alcance programático de las principales prioridades de atención, que coinciden con las demandas más sentidas de la población.

INVERSIÓN PARA LOS PRIMEROS 10 AÑOS

Concepto	Total mdp
Inversiones en infraestructura	57,738
Agua potable	18,377
Drenaje	20,448
Tratamiento y reúso	3,264
Medio ambiente	4,358
Proyectos metropolitanos	11,391
Aportaciones F. 1928	10,125
Pago de agua en bloque	20,545
Gasto corriente (exceptuando agua en bloque)	45,227
Servicio de deuda	2,075
Total	135,810

PLANEACIÓN

La planeación o previsión es un proceso que ayuda a organizar y reflexionar las actividades que se requieren con el propósito de alcanzar un objetivo deseado. Con ese fin, es necesario elaborar y mantener actualizado un plan de manera que éste pueda interactuar con los planes de otros sectores y para combinar el pronóstico de desarrollos y condiciones externas con la preparación de escenarios que permitan abordar las circunstancias futuras. En suma, un pronóstico es la conjetura del futuro mediante indicios, mientras que la planeación predice cómo debería ser el futuro.

Por ello, la planeación de la provisión del servicio público de agua potable y saneamiento requiere tomar en cuenta “una visión integral de las políticas públicas y considerar aspectos con anterioridad descuidados, como el ambiente, el desarrollo sostenible, el rediseño institucional y las relaciones entre las entidades federativas, el cual es un tema que siempre estará presente en las negociaciones políticas”.^{MPC}

En este sentido, como el agua es un recurso limitado, “las aguas nacionales tienen que administrarse de manera conjunta con las políticas de ordenamiento territorial y de desarrollo socioeconómico, y los servicios de agua potable están obligados a manejarse en un contexto que no afecte a los recursos naturales, ya que éstos tienen un límite que debe asumirse, reconocerse, entenderse, cuantificarse y, con base en ello, realizar la planeación. El agua es un tema transversal que se relaciona con el bienestar humano, el desarrollo económico y el ambiente, y por ello es un requisito indispensable que no se considere como un sector aislado”.^{JCL}

Por otra parte, la planeación también debe orientar acerca de los recursos económicos necesarios para realizarla, así como de la manera para obtenerlos. Por lo general, la planeación consta de una serie de programas a corto, mediano y largo plazos, “los cuales deben ejecutarse en paralelo y, sino se hacen planes, se desconoce el monto del presupuesto necesario. Es claro que los objetivos estratégicos deben estar jerarquizados, ya que se presentan varios problemas al mismo tiempo; sin embargo, debe existir una congruencia de metas al combinarse unas con otras y al anidar una o varias metas dentro de otras de mayor prominencia. Por ejemplo, es ilógico desarrollar una nueva fuente de agua sin reducir las fugas, o bien, continuar el drenaje metropolitano sin construir los

colectores que desalojen el agua pluvial de las diversas zonas de la ciudad. Como hay que avanzar en todos los temas, la decisión más importante es definir la inversión que se destinará —en función de las asignaciones presupuestales y del financiamiento que pueda conseguirse— para cada uno de los rubros de la agenda”.^{LRC}

Un plan a largo plazo “conduce a una serie de programas y, cuando los problemas son tan graves como en la zona metropolitana de la Ciudad de México, éstos no se resuelven en tres ni en seis años; son planes de 10 a 30 años aproximadamente. Sin embargo, el cambio de administración no debe conducir a cambiar el plan; una estrategia debe desarrollarse a largo plazo”^{LRC} y hay que “efectuar las acciones de manera continua e ir sumando los avances en la reparación de tomas, en el cambio de tuberías, en la eficacia comercial y en el resto de los temas bajo planeación”.^{ERB} En la zona metropolitana de la Ciudad de México la planeación no se ha actualizado en los últimos 10 años debido a la ausencia de un consenso político para realizarla. Por tanto, las obras significativas que se están construyendo son las que se planearon con anterioridad en “los estudios que hizo la extinta Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, en los años sesenta. Aunque esos planes no se han actualizado, las soluciones que se están instrumentando en la actualidad se basan en los esquemas que se concibieron en aquel entonces”.^{LRC} Por ello, es ineludible actualizar la planeación y lograr que esta actividad sea un renglón permanente en la agenda del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, de los organismos operadores metropolitanos del Estado de México y de las instancias tripartitas como el Fideicomiso 1928 y la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM).

Otras obras se han construido siguiendo los planes actualizados en 1994 y 1995, a partir de cuyas consideraciones ha trabajado el Fideicomiso 1928, el cual está orientado más a la construcción que a la planeación. Sin embargo, algunas obras se han construido incluso sin actualizar la planeación, por lo que “los siguientes pasos deben basarse en los planes que se elaboren en función de las condiciones topográficas e hidrológicas actuales de la región metropolitana de la Ciudad de México. La planeación es el instrumento idóneo que permite realizar una reflexión para identificar con claridad hacia dónde debe evolucionar el desarrollo de la infraestructura hidráulica metropolitana”.^{RCG}

^{MPC} Manuel Perló Choen

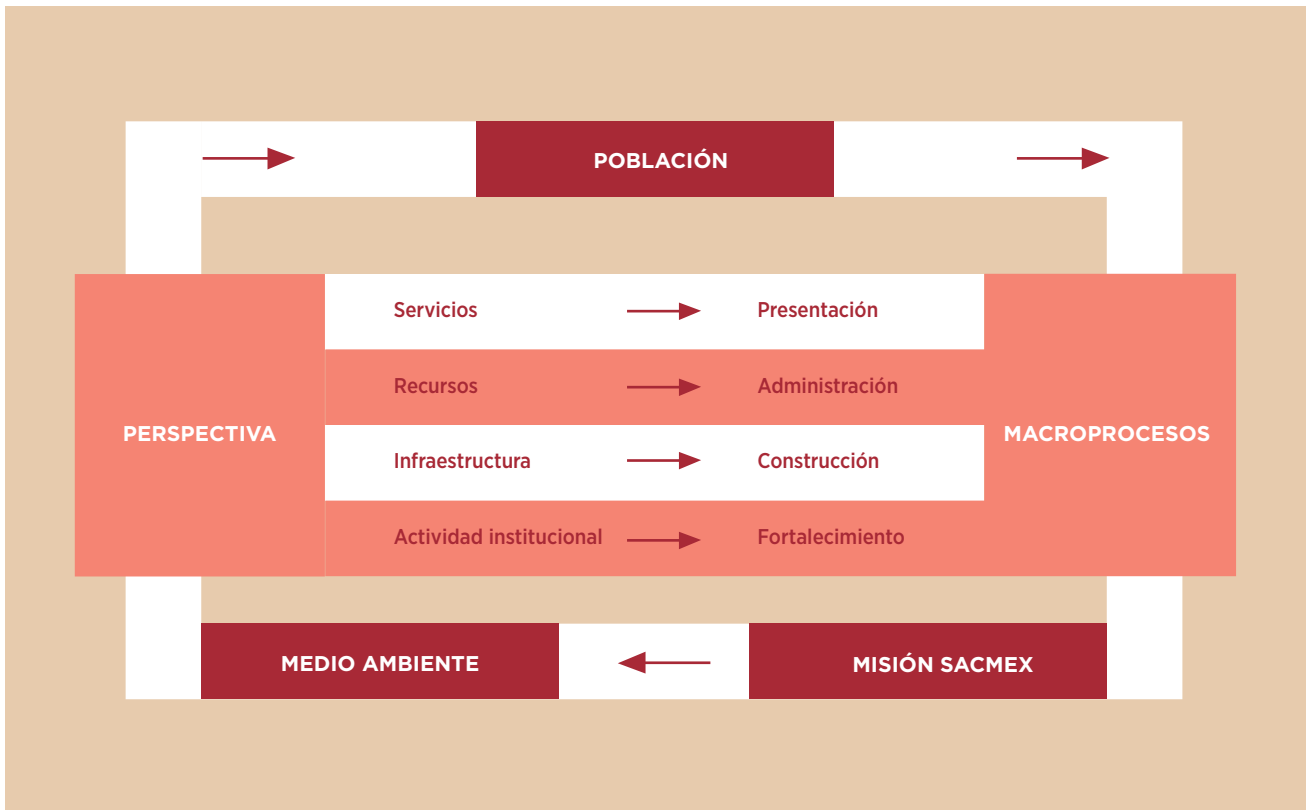
^{JCL} Julia Carabias Lillo

^{LRC} Luis Robledo Cabello

^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño

^{RCG} Rubén Chávez Guillén

VISIÓN INTEGRAL DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO



En adición a la suspensión en la planeación metropolitana, cuando algo de ello se realiza “no se hace de manera conjunta: aunque se tiene la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM), ésta no se aprovecha para planear, y la consecuencia es que los planes de 1994 y 1995 están totalmente rebasados”.^{OHL}

Por otra parte, la construcción de algunas obras no son parte integral de un plan ya que, por ejemplo, “mientras que el Distrito Federal propuso la construcción de un túnel para conectar la zona de los lagos de Churubusco, el Estado de México propuso su continuación a los municipios de la parte oriente de la cuenca del Valle de México, lo cual no es producto de una cuidadosa planeación, sino más bien, una acción casi forzada por las necesidades”.^{OHL}

En el ámbito del Distrito Federal, la actividad planificadora reciente para proveer los servicios de agua potable y saneamiento ha producido el *Plan Maestro de Agua Potable en el Distrito Federal 1997-2010* (DGCOH, 1997), el *Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos* (GDF, 2005), actualizado en 2012, el *Programa de Manejo*

Sustentable del Agua para la Ciudad de México (SACMEX, 2007) y el *Programa Especial del Agua, Visión 20 Años* (SACMEX, 2011), realizado en 2010 y actualizado en 2011.

Sin embargo, es claramente necesario sustentar muchas de las propuestas fijadas en estos programas mediante un plan metropolitano que especifique la sucesión de las acciones que deben emprenderse para lograr la protección y uso sostenible de las fuentes de abastecimiento y coordinar el drenaje pluvial, ya que “no puede ser un plan nada más de la Ciudad de México, tiene que ser un plan metropolitano y el Distrito Federal debe tener su propio plan, congruente con el plan metropolitano”.^{LRC} Aunque el *Programa Especial del Agua, Visión 20 Años* estima los presupuestos requeridos y los equilibra con la tendencia de los recursos económicos disponibles, no precisa la secuencia de las obras metropolitanas que deben construirse porque aún no se han convenido con las autoridades federales y del Estado de México y por lo tanto se desconoce cuáles son.

^{OHL} Óscar Jorge Hernández López

^{LRC} Luis Robledo Cabello

Por eso es importante concitar la voluntad política de las tres instancias competentes para planear y construir las obras metropolitanas. Esto requiere instrumentar esquemas de trabajo en donde la planeación sea una actividad cotidiana. Para ello, es indispensable establecer una oficina con coordinación tripartita para que realice la planeación hídrica metropolitana y que actualice continuamente los planes.

La actualización de los planes es muy importante y ha estado ausente, cuestión que debe corregirse a futuro, “la planeación debe ser una actividad permanente, con metas anuales y con una evaluación periódica que permita actualizar el plan para atender las desviaciones en los presupuestos estimados y en las situaciones emergentes”.^{FMP} Sólo así puede un plan ajustarse a las condiciones dinámicas de la Ciudad de México y su zona metropolitana.

No obstante, debe tenerse en cuenta que en la planeación hídrica de la zona metropolitana de la Ciudad de México “es indispensable ceñirse a los postulados del desarrollo sostenible y, en consecuencia, procurar la mayor autonomía posible de la cuenca del Valle de México. Esto implica, por una parte, reducir la extracción y, por otra, reusar el agua, lo cual depende de avances tecnológicos y de recursos económicos. Cualquier incremento en la extracción debe buscarse en los sitios donde se tenga el menor impacto ambiental y, aunque ahí resulte de un alto costo económico, ése es el precio que hay pagar para lograr el desarrollo sostenible a largo plazo y alcanzar una estabilidad social y política armónica. Asimismo, el agua de lluvia puede utilizarse previa depuración en los lugares donde la precipitación es adecuada para ello y reusar se para bajar el consumo; con estas acciones y con el control de fugas, el balance de agua será otro y paulatinamente se incrementará la disponibilidad per cápita de agua, sin tener que estar pensando en los recursos hídricos de otras cuencas y acuíferos”.^{JCL}

^{FMP} Francisco Muñoz Pereyra

^{JCL} Julia Carabias Lillo

SISMO

Algo que se escapa de la planeación tradicional pero a lo que se tendría que estar preparados es a la eventualidad de un sismo de gran magnitud que pudiese afectar seriamente a los servicios de agua y drenaje de la ciudad, “un escenario catastrófico, que no quiero ni pensar, es que se repita un temblor como el del 85. En esa ocasión hubo 5 millones de personas sin agua. Yo creo que la ciudad debería estar preparada para eso. Entonces tuvimos la fortuna de que al Sistema Cutzamala no le pasara nada, pero todos los acueductos del sur se rompieron y era impresionante, seguramente ahora los problemas serían mayores porque ya la infraestructura tiene 27 años más”.^{FGV}

Se sabe que ocurrirá un nuevo macrosismo, pero no se sabe cuándo; ante esa posibilidad habría que prepararse para los peores efectos, donde la infraestructura es más vulnerable: “el problema de los sismos en la Ciudad de México es sólo en la zona de suelo blando y es en la parte más cercana a la superficie, a mucha profundidad, por lo menos de 10 metros para abajo, los movimientos son muy pequeños, entonces si hablamos de drenaje profundo, y hablamos de colectores y de interceptores, el sismo no debería tener efectos importantes; pero si hablamos de redes secundarias, superficiales, casi superficiales, de plantas de tratamiento, de plantas de potabilización, sí puede haber problemas. Los que están a pocos metros de profundidad, por ejemplo a menos de cinco metros, normalmente son ductos muy flexibles, se deben acomodar como los mueva el suelo: El problema son las juntas, las uniones de las tuberías con las cajas, en los cambios de dirección y con las estructuras que están firmes. En la conexión con estas estructuras, puede haber problemas”.^{RMP}

Se desconoce qué tantos daños podrían presentarse; pero es necesario contar con un fuerte aprovisionamiento de accesorios, piezas de reparación y materiales de fabricación especial que permitan llevar a cabo con prontitud los trabajos de reconstrucción.

^{FGV} Fernando González Villareal

^{RMP} Roberto Meli Piralla

CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático, entendido en un concepto genérico, consiste de una alteración de los patrones usuales del clima. El clima de la Tierra está ligado a la emisión de gases con efecto de invernadero, el cual se ha presentado desde épocas primitivas pero que favorece las condiciones de desarrollo de la vida.

El Sol emite radiaciones que viajan por el espacio y penetran la atmósfera. Al establecer contacto con la corteza terrestre la calientan y se reemite la radiación infrarroja. En su trayecto de vuelta al espacio exterior, ésta colisiona y es absorbida por las partículas de gases con efecto invernadero. De esta manera, la energía se transfiere de molécula a molécula en forma de energía cinética, aumentando así la temperatura del aire.

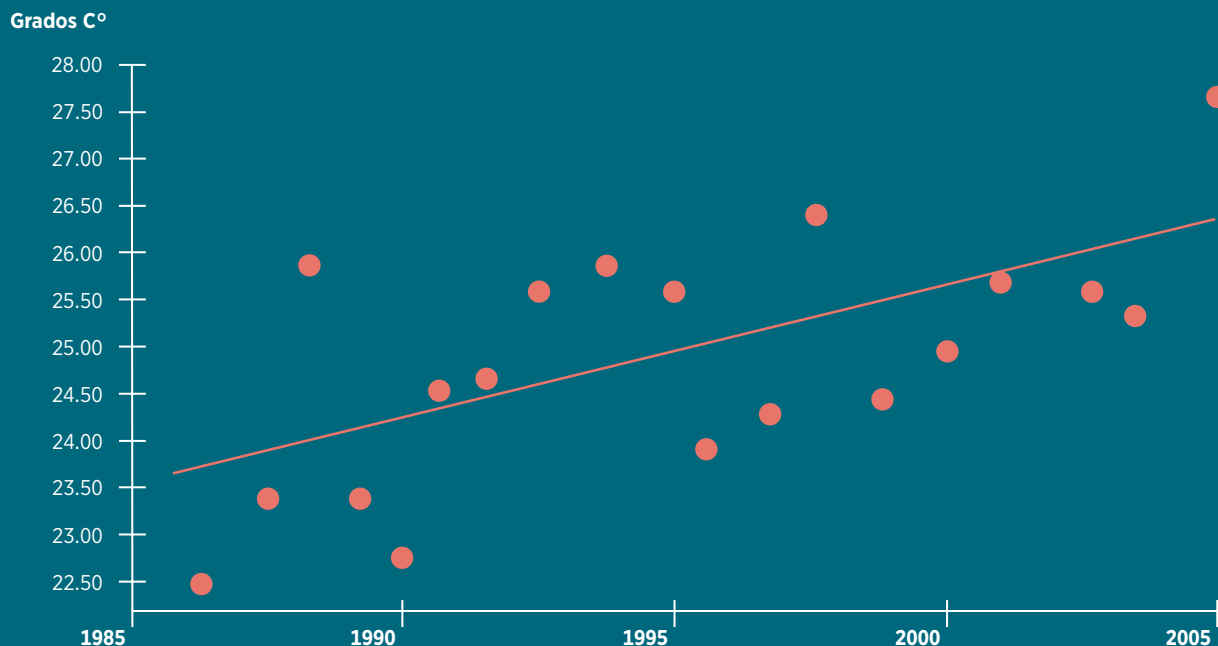
Este fenómeno, en condiciones naturales, ha sido clave para que la vida pudiera desarrollarse en el planeta, pues permitió que la temperatura se mantuviera en niveles relativamente estables por muchos años, ya que la atmósfera se encarga de redistribuir la energía que proviene del Sol.

Por esa razón se dice que todo ecosistema tiene un frágil equilibrio que hace posible la vida; sin embargo, las actividades antropogénicas han modificado el funcionamiento natural de los gases con efecto de invernadero y se ha provocado que se concentre en la atmósfera una mayor cantidad de ellos y, por tanto, un aumento en la temperatura, el así llamado calentamiento global.

David Korenfeld

Extracto del libro *Agua: armonía, equilibrio y desarrollo*.

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN EL DISTRITO FEDERAL



CAMBIO CLIMÁTICO

Debido a las naturales variaciones estacionales y anuales del clima, existen opiniones de que el cambio climático es mera especulación y no se ha manifestado aún, “pero una cosa es cuando existen variables en el clima que suben y bajan alrededor de una horizontal y la otra cosa es cuando suben y bajan alrededor de una recta que dé una tendencia, y eso es lo que nos está ocurriendo ahora, en el contexto de cambio climático lo que nos preocupa son los cambios en los patrones”.^{CGG}

En relación con el cambio climático, en la Ciudad de México la precipitación podría reducirse en un 10% o aumentar un 20% y, aunque “los escenarios que se crean para el futuro no concuerdan con las observaciones que se tienen en el Distrito Federal, porque hay modelos que indican que va a llover menos y otros que predicen que va a llover más, ésa es la incertidumbre del marco de planeación actual”,^{CGG} por lo que en el proceso de adaptación al cambio climático debe considerarse que podría ser conveniente prepararse para ambas posibilidades.

La sensibilidad del medio ambiente a unos cuantos grados “puede venir acompañada de más inundaciones, sequías seguidas de inundaciones o al revés, incendios forestales, adaptación de las plantas a los rangos de disponibilidad de agua y temperatura ambiente o su migración a los sitios donde encuentren condiciones propicias para desarrollarse, el cual impacta a la agricultura de temporal. En México se desarrolla el café muy cerca de los óptimos de producción en términos de temperatura y precipitación y el aumento de 2°C conduciría a un 20 o 30% de pérdidas del sector cafetalero”.^{CGG}

“A veces explico el impacto del cambio climático haciendo un símil con una fiebre: te pones el termómetro y estás en 37.5 grados y ya te estás sintiendo realmente mal, y eso es menos de un grado de variación en tu tem-

peratura. La temperatura ambiente puede variar a lo largo del día de 20 grados en la mañana a 24 grados a medio día y no te afecta porque tu temperatura interna fue capaz de amortiguar esa variación, pero si esa misma variación la tuvieras en tu cuerpo, un incremento de 37 a 41, te mueres”.^{CGG}

Se estima que “la temperatura en la Ciudad de México, de acuerdo con algunos modelos y escenarios, se va a incrementar un poco más de lo que aumentará la media global, que se prevé entre 1.5 y 6°C hacia finales de siglo XXI; de hecho, las temperaturas que se están observando en la actualidad superan en casi un grado Celsius a las que se registraban a principios del siglo XX. En términos generales, la conclusión del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de 2007 es que a los países intertropicales, como México, el aumento de temperatura global entre 1 y 2°C es desfavorable en el sentido de que vamos a tener problemas con el agua, el estrés hídrico y la agricultura”.^{CGG}

De ahí que la infraestructura tenga que estar preparada para resistir eventos extremos, quizá no para un 20% más de lluvia pero sí se requiere una capacidad para evacuar una lluvia más intensa de las que se observan en la actualidad. “Es previsible una combinación en la cual el volumen de precipitación de una tormenta sea inferior a una lluvia típica y, a pesar de que una lluvia menor podría perjudicar una parte del suministro”,^{CGG} también “puede alterar las condiciones de operación del drenaje y hacerlo trabajar a presión si la lluvia es de mayor intensidad y con una duración menor”.^{RDM}

Por ello “es importante contar con algún modelo numérico local que permita formular pronósticos estacionales y pronósticos de más corto plazo, a los cuales se les pueda alimentar con las condiciones que se observan

^{CGG} Carlos Gay García

^{RDM} Ramón Domínguez Mora

INTENSIFICACIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO

La temperatura va a aumentar en los próximos 100 años y su valor va a depender de qué acciones adopte la humanidad para controlar las emisiones de gases con efecto de invernadero. Con el incremento de temperatura va a cambiar el régimen de precipitación, porque ésta depende de la distribución de la temperatura. El incremento global de la temperatura modificará los vientos, que transportan por convección la energía solar de un lugar a otro para redistribuir la energía calórica de la atmósfera, pero si ésta está más caliente, los procesos de compensa-

ción no van a ser los mismos que antes. Una atmósfera más caliente puede contener una mayor cantidad de vapor de agua —conforme a los principios elementales de la termodinámica— y una temperatura mayor también evapora más agua y, por tanto, se precipitará un mayor volumen de agua, porque la precipitación siempre es proporcional a la evaporación. Al tener mayor energía calórica acumulada en la atmósfera, ésta se libera con la precipitación y de ahí surge la idea de que se intensifica el ciclo hidrológico.

Carlos Gay

actualmente y hacer un pronóstico o una simulación de las condiciones climáticas con un año de antelación con alta probabilidad de que sea exacto”.^{CGG}

Para afrontar las consecuencias del cambio climático en la Ciudad de México “se requiere construir escenarios específicos en las diferentes delegaciones y sectores, con base en los cuales se pueda elaborar un plan para lluvias intensas. El plan debe considerar las situaciones extremas a las que se puede llegar y definir los sitios susceptibles de ser inundados, el protocolo para evacuar a la gente y el lapso en que duraría la contingencia”.^{LGG}

En cuanto a las fuentes de abastecimiento, “también se requiere construir un escenario relativo al cambio climático en la cuenca del Sistema Cutzamala, en el cual se especifique si se espera más o menos lluvia, si se va a mantener el escurrimiento y si es necesario emprender una reforestación intensa”.^{LGG} Asimismo, “es necesario

elaborar un *Plan de Preparación para Afrontar Sequías* en caso de que en 20 años disminuya el caudal del Sistema Cutzamala a la mitad. Cada usuario doméstico, industrial y comercial debe saber qué es lo que tiene que hacer ante tal eventualidad”.^{FAC}

En términos de política pública, “el escenario del cambio climático presenta una situación de vulnerabilidad que obliga a que las medidas de adaptación se comiencen ahora y que no se pospongan”,^{JCL} sin embargo, se debe proceder de manera adaptable. “Si para fin del siglo XXI la temperatura media del planeta estará 6° C por arriba del valor actual, el incremento será gradual y no abrupto. Entonces, la Ciudad de México no se puede preparar para los seis grados con una sola acción, sino que habrá que construir un escenario por si se reduce en 20% el escurrimiento del río Cutzamala, lo cual servirá para un horizonte de planeación de 20 o 30 años”.^{CGG}

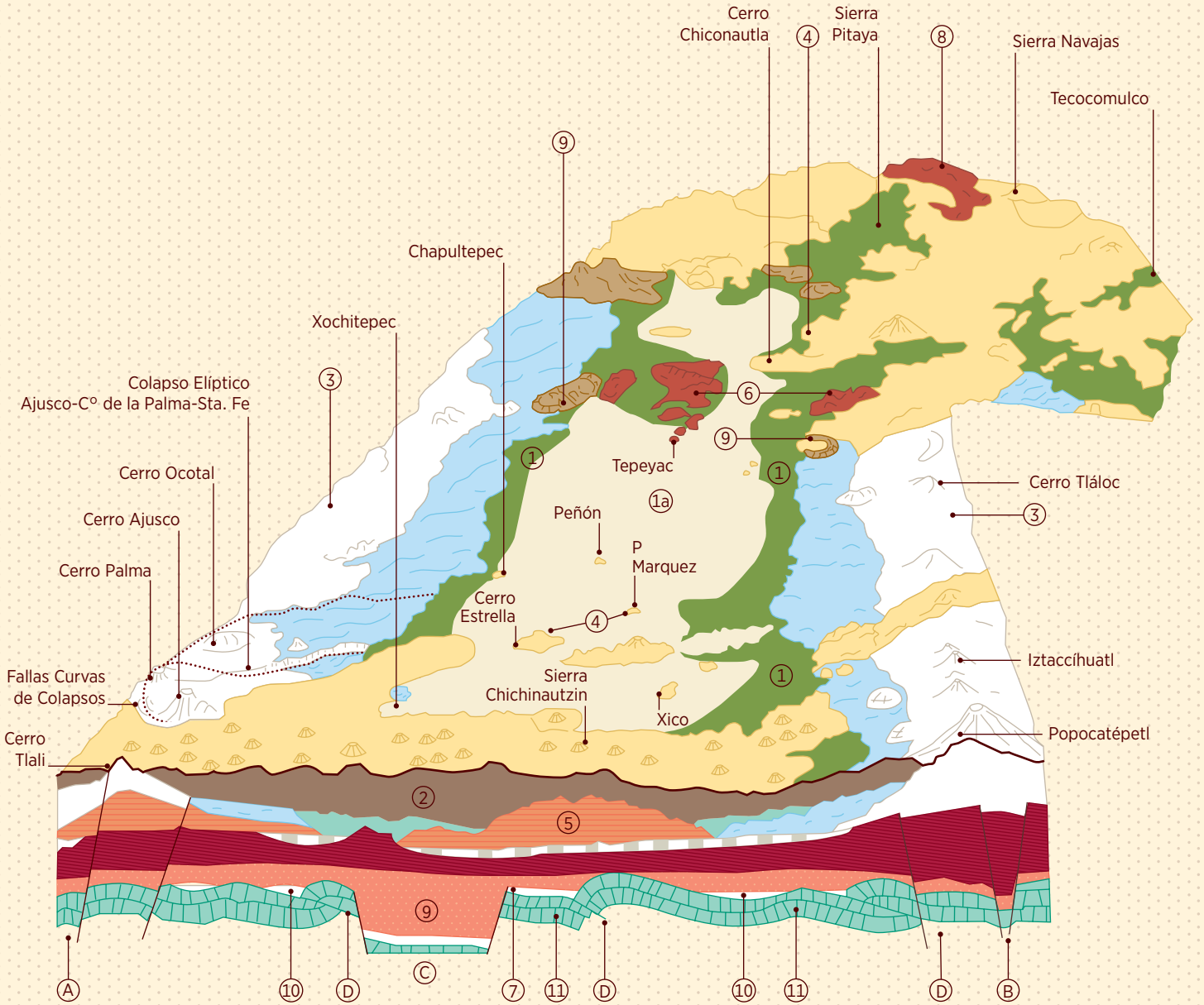
^{CGG} Carlos Gay García

^{LGG} Luis Manuel Guerra Garduño

^{FAC} Felipe Arreguín Cortés

^{JCL} Julia Carabias Lillo

GEOLOGÍA DE LA CUENCA DE MÉXICO



TECTÓNICA

A,B Fosa de las Sierras Mayores

Pilo Pleusticeno

C Fosa Roma

Oligoceno

D Cabalgaduras

Mioceno inferior

ESTRATIGRAFÍA

- 1 Planicie aluvial
- 1a Lacustre (Pleistoceno sup.-Holoceno)
- 2 Sierra de Chichinautzin (Cuaternario Sup.)
- 3 Sierra de las Cruces y Nevada (Sierras Mayores)
- 3a Abanicos volcánicos (Tarango)
- 4 Conos volcánicos plip-cuaternarios
- 5 Lavas y lahares del Tepozteco
- 6 Sierras volcánicas del Mio-Plioceno (Sierras Menores)
- 7 Depósitos lacustres del Plioceno
- 8 Vulcanitas del Mioceno
- 9 Vulcanitas del Oligoceno
- 10 Formación Balsas
- 11 Formaciones marinas (Mezcala y Morelos), plegadas al poniente

La estratigrafía reproduce la Cuenca de México vista de sur a norte. Las elevadas sierras volcánicas, la Sierra de las Cruces en el poniente y la Sierra Nevada al oriente, la cual se conforma por dos grandes aparatos volcánicos: el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl, flanquean una extensa planicie que se extiende en el norte hasta la Sierra de Pachuca, la Sierra de Guadalupe en el Norte, la Sierra del Chichinautzin en el sur, el volcán del Ajusco en el suroeste. Dentro del Valle existen algunos aparatos volcánicos aislados, siendo los principales los que forman la Sierra de Santa Catarina, además de algunos otros que aparecen de forma aislada, como son el Peñón del Marqués, el Peñón de los Baños y el Cerro de La Estrella. Con distintos colores se definen las formaciones geológicas que afloran en la superficie de la Cuenca. El corte vertical al frente en la posición meridional refleja la estructura geológica a profundidad, donde hay calizas marinas plegadas, sepultadas por casi 2 kilómetros de rocas volcánicas. El Valle de México se caracteriza por estar constituido por materiales volcánicos (lavas y piroclásticos) intercalados con aluviones y cubiertos en la parte central del Valle por arcillas lacustres. Los volcánicos son de edad Terciario y Cuaternario; los aluviones son del Cuaternario y las arcillas lacustres son de Edad Reciente.

Federico Mooser

ACUÍFERO

La parte más profunda del acuífero que subyace a la Ciudad de México es de rocas calizas y encima de ellas están las vulcanitas, producto de 50 millones de años de actividad volcánica. Por un lado está la Sierra Nevada, por el otro la Sierra de las Cruces y hacia el sur está la Sierra de Chichinautzin, formada por rocas basálticas. Las arcillas que se depositaron sobre las vulcanitas “son como una gran presa, una gran cortina natural en donde se azolvieron las arcillas y se formó el lago de Texcoco, porque es una cuenca cerrada. De esta manera, a lo largo de 600 mil años se fueron acumulando los azolves que forman el acuífero, cuya profundidad oscila entre los 600 y 700 metros, que contiene el agua pura que se ha acumulado desde 1862”.^{FMH}

La explotación del acuífero somero es lo que ha permitido satisfacer las incesantes demandas de agua en la concentración citadina, trastornando de manera muy significativa su equilibrio al extraer más agua de la que se infiltra y generando hundimientos del suelo en el Valle de México. Es importante destacar que en sus orígenes se tenían incluso pozos artesianos. “En la época porfiriana, cuando los edificios eran de dos o tres pisos, el agua subía hasta el tercer piso porque el nivel piezométrico del acuífero estaba por arriba de su nivel freático; no había necesidad de bombeo ni de tinacos en las azoteas”.^{ESV}

“Se estima que el agua que se renueva en el acuífero que subyace a la zona metropolitana de la Ciudad de México es de 1,109.8 mm³/año, y de ese volumen 750 mm³/año corresponden a la recarga natural y 359.8 mm³/año a la recarga incidental, que ocurre por fugas en las redes de distribución de agua potable y de recolección de aguas residuales y pluviales”.^{RCG} Aunque el acuífero es una sola unidad hidrogeológica, para efectos de la administración de las aguas nacionales se ha dividido en siete partes, (ver tabla de la siguiente página); ahí se observa que el volumen extraído en la Ciudad de México es muy inferior al volumen concesionado y que, el volumen de extracción de 623.8 mm³/año, equivalente a 19.78 m³/s es superior al volumen que extrae el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, que asciende a 6.18 m³/s, o bien a 194.91 mm³/año, lo que implica que hay muchos pozos dedicados a usos diversos del público urbano que contribuyen de manera mucho más acentuada a la so-

^{FMH} Federico Mooser Hawtree

^{ESV} Enrique Santoyo Villa

^{RCG} Rubén Chávez Guillén

RECARGA Y SOBREEXPLORACIÓN DEL ACUÍFERO QUE SUBYACE A LA CUENCA DE MÉXICO

Acuífero	Recarga Mm ³ /año	Volumen concesionado Mm ³ /año	Volumen extraído Mm ³ /año	Sobreexplotación Mm ³ /año
Distrito Federal				
Zona metropolitana de la Ciudad de México	512.8	1,110.2	623.8	111.0
Estado de México				
Chalco-Amecameca	79.3	79.3	100.3	21.0
Texcoco	161.0	248.9	184.2	23.2
Cuautitlán-Pachuca	356.7	248.9	751.3	394.6
Subtotal de la zona metropolitana de la Ciudad de México	1,109.8	1,862.4	1,659.6	549.8
Estado de Hidalgo				
Soltepec	92.8	15.9	18.0	0.0
Apan	156.6	11.4	4.0	0.0
Tecocomulco	28.0	0.9	13.0	0.0
Subtotal estado de Hidalgo	277.4	28.2	35.0	
Total cuenca de México	1,387.2	1,890.6	1,694.6	307.4

Fuente: Registro Público de Derechos de Agua, 30 de septiembre de 2011.

breexplotación del acuífero y a los hundimientos del suelo que provoca. Este volumen de sobreexplotación es altísimo a grado tal que “el Valle de México es el peor ejemplo mundial en sobreexplotación, de efectos negativos y de volumen extraído adicional”.^{RCG}

Por otra parte, se requiere trabajar seriamente en la cancelación de las extracciones clandestinas, ya que “hay pozos clandestinos que representan un problema doble: por una parte sus usufructuarios no cubren los derechos de explotación de las aguas nacionales ni las tarifas que podrían fortalecer al Sistema de Aguas de la Ciudad de México y, por otra, es una extracción irresponsable que no toma en consideración las delicadas condiciones del acuífero”.^{JSS} “A los pozos clandestinos no los hemos perseguido, no se tiene un sistema de vigilancia. Creo que el otro punto es que hay que hacer un sistema de administración del agua completo en el Valle México, que tenga su sistema de inspección y sí contar con un control de la extracción, se pueda realmente medir cada pozo y poder llegar a un equilibrio, que no se va a llegar antes de 15 años”.^{FGV}

Por ello, “la preocupación actual sobre el acuífero se enfoca, en primer lugar, en los hundimientos, porque van a seguir causando daños a la infraestructura urbana, y en segundo lugar en la producción de los pozos, que en la medida que van extrayendo el agua a mayores profundidades pueden rendir un caudal menor o su calidad ser inferior, como la que ya se observa en el oriente de la ciudad. En caso de reponer o rehabilitar los pozos, se corre el riesgo de llegar a formaciones menos productoras, incluso a profundidades de 800 o 900 metros. El problema, como es un proceso muy lento, se va a presentar de manera gradual; no podría ser un colapso repentino y por ello pasa inadvertido, pero es una situación que progresa asintóticamente y sólo los efectos del hundimiento, que son los más costosos, aparatosos y palpables, indican la gravedad de sobreexplotar un agua que tiene cientos o miles de años en el acuífero. Aun así, no parece haber una solución factible para detener el hundimiento, pero sí para disminuir su ritmo, lo cual ya es benéfico”.^{RCG} En los años 1960 y 1970 los pozos se perforaban a 100 o 150 m de profundidad y en la actualidad se perforan de 300 a 450 m,

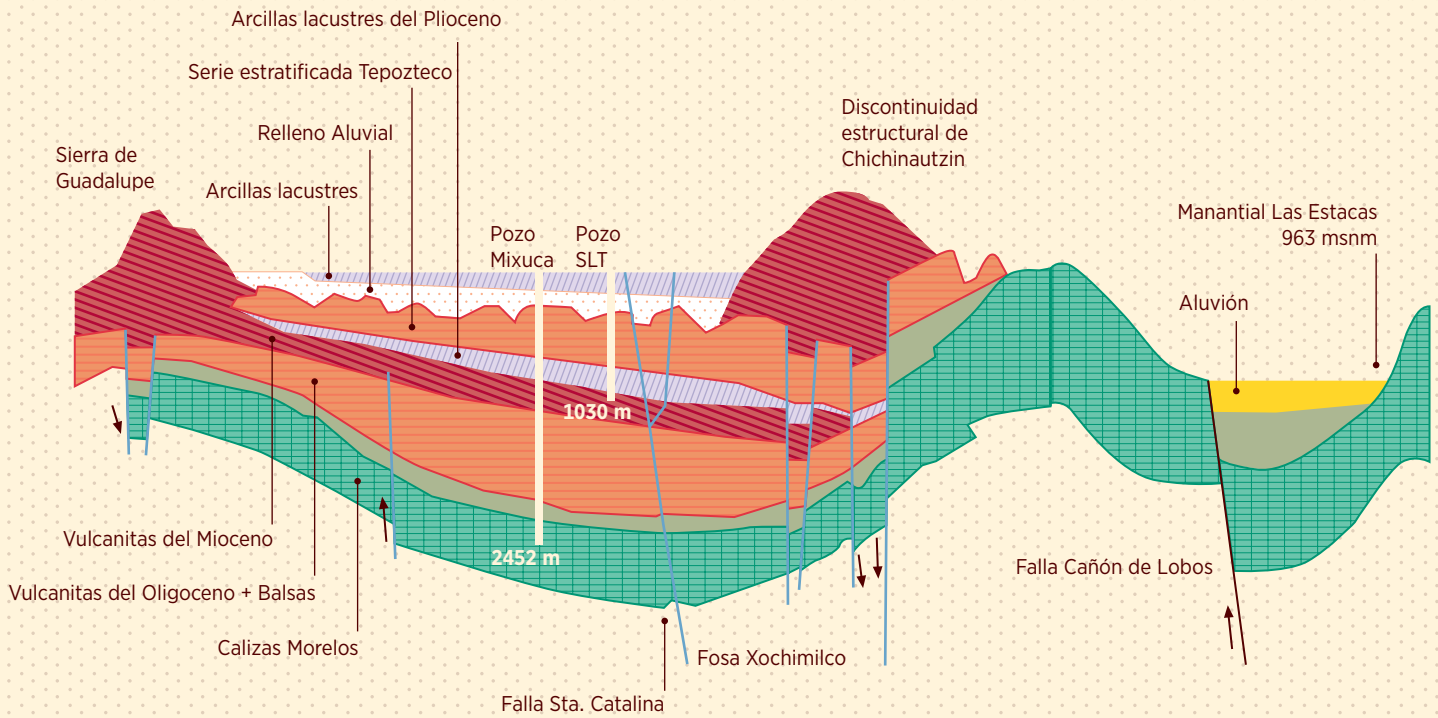
^{RCG} Rubén Chávez Guillén

^{JSS} Jorge Saavedra Shimidzu

^{FGV} Fernando González Villarreal

SECCIÓN GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA DE LA CUENCA DE MÉXICO Y DE MORELOS

Fuente: Rubén Chávez Guillén, CONAGUA, 2012.



USO ESTRATÉGICO DEL ACUÍFERO

La visión a futuro es que a medida que se incremente la eficacia y la eficiencia en el uso del agua, el acuífero se emplee —en tanto sea posible— sólo como reserva estratégica para los años en que se presente una sequía.

Felipe Arreguín

ya que cabe hacer notar que, a medida que se va profundizando el nivel de bombeo, se encuentran “formaciones geológicas más consolidadas en las que se tienen permeabilidades y porosidades menores y el caudal de los pozos decrece, lo cual implica que para sostener el mismo volumen de extracción se tendrán mayores abatimientos por pozo”;^{RCG} “los pozos actualmente extraen unos 40 litros por segundo y esperaríamos a este ritmo en un futuro tener pozos de 5 a 10 litros por segundo. Lo que pasa es que al estar sacando el agua de más profundidad hay menos permeabilidad, menos gasto y además el agua ahí ya no es muy buena”.^{FMH}

¿Por cuánto tiempo se tendrá agua subterránea? No se sabe con certeza, pero “se sospecha que en 30 o 40 años las dificultades serán múltiples, primero porque los pozos más profundos serán cada vez menos productores y en segundo término porque el nivel freático sigue bajando de manera continua, lo que significa que las reservas están contadas”.^{FMH}

En cuanto a la calidad del agua subterránea existe una disyuntiva entre las condiciones naturales y antropogénicas, ya que “los estratos superiores están más expuestos al ingreso de agua contaminada con las actividades humanas que se realizan en la superficie del terreno y en los inferiores, si bien disminuye la probabilidad de

contaminación antropogénica, aumenta el riesgo de tener un tiempo de residencia más prolongado, lo cual conduce a un mayor contacto entre el agua y la roca y a una mayor disolución de minerales que disminuyen la calidad natural del agua”.^{RCG} En eso coinciden los expertos: “la situación es cada vez más difícil en cuanto a la calidad del agua, ya que se va a ir degradando”.^{GAG}

La mala calidad del agua se concentra principalmente al oriente y suroriente de la Ciudad de México y coincide con la zona donde los efectos de los hundimientos son mayores. Una razonable decisión sería ir cancelando estos pozos en la medida de que se resuelva el cómo transferir agua de otras zonas, lo que no será sencillo si no se logra una disminución en la demanda y el consumo.

Como un elemento para avanzar hacia la sustentabilidad, es necesario incrementar la capacidad de infiltración de agua de buena calidad mediante acciones de recarga inducida, para lo cual “se debe cuidar la zona de conservación, que está en peligro de disiparse, lo que conduciría a una mayor erosión pluvial, cambios de temperatura por la ausencia de la cobertura forestal y a la pérdida de biodiversidad. Ya casi no hay recarga en las partes bajas de la ciudad; la que hay sólo se lleva a cabo en la parte de cobertura vegetal que permanece en el piedemonte, la cual está sujeta a la presión de la urbanización”.^{LGG}

^{RCG} Rubén Chávez Guillén
^{FMH} Federico Mooser Hawtree

^{GAG} Gabriel Auvinet Guichard
^{LGG} Luis Manuel Guerra Garduño



Sistema de aireación en la planta de tratamiento de aguas combinadas Cerro de la Estrella.

HUNDIMIENTO DEL VALLE DE MÉXICO

El hundimiento de la ciudad es un fenómeno que se ha manifestado de manera contundente desde principios del siglo pasado, y cuya problemática no ha sido sólo la compactación de la capa de arcillas que sostienen gran parte de la Ciudad de México, sino que el espesor de dicha capa es variable y, por lo tanto, el hundimiento de la ciudad también lo es para cada zona; de este modo, al fenómeno del hundimiento —que sería un problema menor— se le añade el efecto diferencial, con lo cual las afectaciones son incuantificables.

“El drenaje no va a quedar resuelto nunca si la ciudad se sigue hundiendo. Como producto del hundimiento está el drenaje profundo, el que el Gran Canal dejara de funcionar, el emisor poniente, el emisor oriente que se contruye, todos los bombeos que se pusieron desde los años cincuenta; las estructuras públicas, privadas, el patrimonio histórico, todo eso está siendo dañado por los hundimientos. Sin duda tiene un costo muy alto”.^{ACV}

Para explicar de manera sencilla el fenómeno, se formula el siguiente símil: “imaginen que están en una piscina cargando a una persona, y tienen a su favor la flotación de esa persona dentro del agua. Si violentamente bajara el agua y la presión, probablemente uno deje caer a la persona, pues se pierde el efecto de Arquímedes, ya no hay flotación y el peso aumenta. En el caso de la Ciudad de México, la masa de suelo que ya no está flotando es tan grande, que la presión resultante es enorme. Un símil sería construir un edificio de 40 pisos, de 20 kilómetros por 20 kilómetros; entonces estamos construyendo un edificio gigantesco que no vemos”.^{ESV}

“En un edificio ya construido se hundió un poco, y posteriormente se le abate el nivel del agua freática, el edificio continuará hundiéndose, pero ya no es debido al peso propio sino debido al cambio de esfuerzos en la masa de suelo. Esto significa que al abatir el nivel del agua freática, incremento de los esfuerzos en la masa de suelo”.^{ESV}

El primer antecedente del hundimiento se tiene por el descubrimiento del ingeniero Roberto Gayol, quien en 1895 diseñó un nuevo sistema de alcantarillado y, hacia 1925, al revisar los niveles de los principales colectores,

notó que muchos de ellos estaban 50 centímetros por debajo de su valor de diseño y del registro anotado en la bitácora de construcción. De ahí dedujo que las inundaciones por remanso en la estación de bombeo de San Lázaro se debían a que una vasta zona de la cuenca del Valle de México se estaba hundiendo. Es decir, “la extracción en los pocos pozos que había desde finales del siglo XIX fue suficiente para desequilibrar hidrostáticamente el suelo y provocar el hundimiento, incluso antes de que hubiese sobreexplotación del acuífero”.^{ESV}

El ingeniero José A. Cuevas mostró en 1936 que, a medida que se incrementaba la población de la Ciudad de México, se observaba una correlación positiva entre la extracción de aguas subterráneas y el hundimiento de la ciudad. Por ello, a partir de 1940 se decretó una veda de aguas subterráneas, no se autorizó la perforación de nuevos pozos en la zona lacustre y se trató de concentrar todas las extracciones del acuífero en la zona de transición, es decir, en el piedemonte de las sierras que circunscriben a la cuenca del Valle de México.

Finalmente, en 1947 el doctor Nabor Carrillo demostró que el hundimiento de la ciudad se debía a la consolidación de las arcillas lacustres del acuífero superior, debido a la pérdida de presión hídrica que producía la extracción de agua, ya que su composición era de 30% de sólidos y 70% de agua.

En la actualidad, la concepción del comportamiento del subsuelo ha cambiado. “Siempre se dijo que el hundimiento de la Ciudad de México se debía a la consolidación de las arcillas y que una vez que ésta se completara, ya no iba a haber hundimiento. Sin embargo, en el centro de la ciudad se tienen los bancos más profundos —de 40, 60, 80 y 100 metros— y ahí el hundimiento de las capas inferiores a 80 metros era de 0 en 1991, lo cual corresponde al concepto de que no iba a haber hundimiento más que el debido a la consolidación de las arcillas. Ahora, las mediciones de 2011 indican que la magnitud del hundimiento en las arcillas contribuye en un 42% y el hundimiento en los suelos granulares profundos es del 58%”.^{ESV}

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

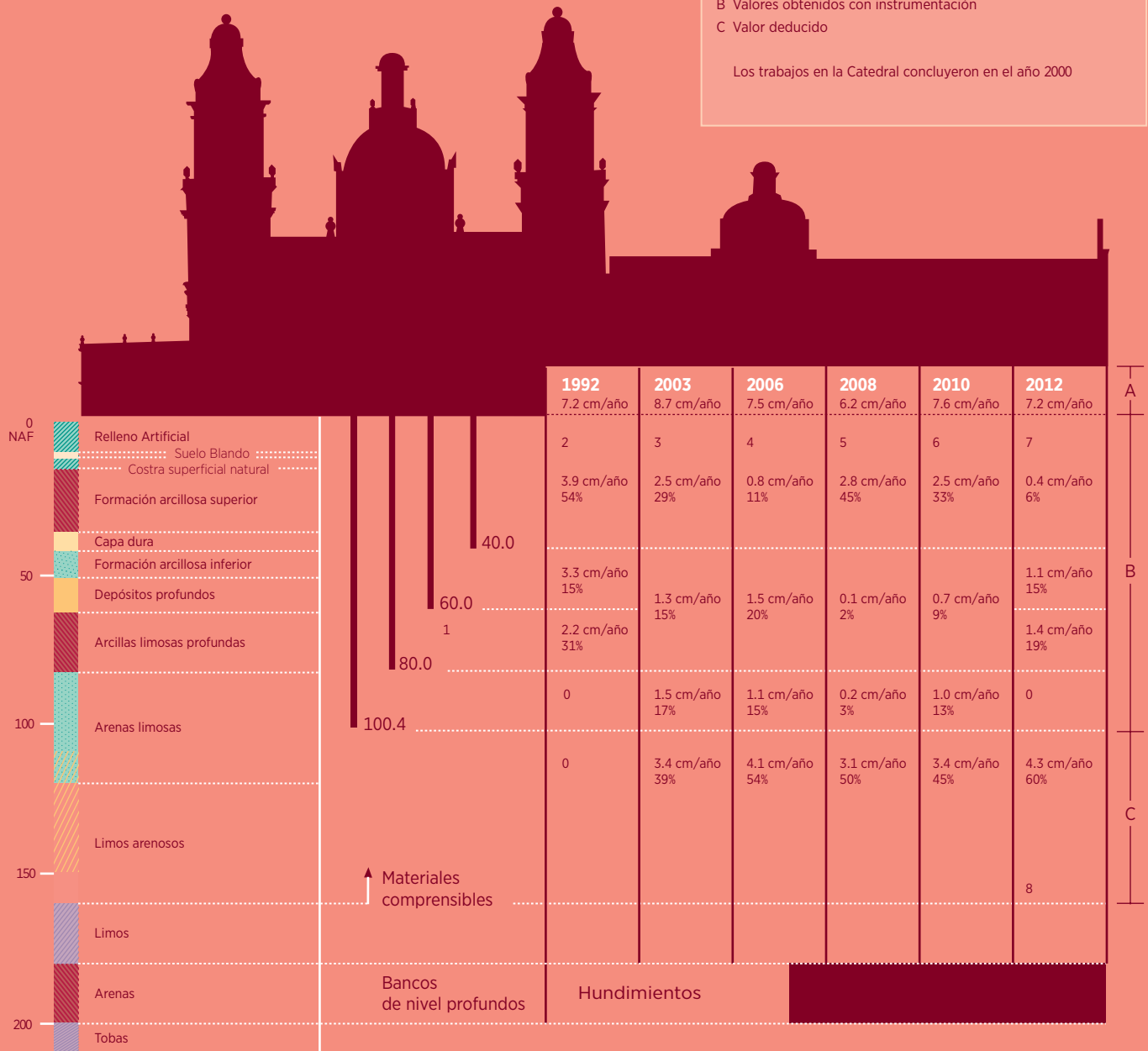
^{ESV} Enrique Santoyo Villa

DISTRIBUCIÓN DE HUNDIMIENTOS ANUALES ENTRE 1991 Y 2012

- 1 El banco de 60 m dejó de funcionar en 1999
- 2 Medidos entre marzo 23 de 1991 y mayo 4 de 1992
- 3 Medidos entre julio 14 de 2002 y agosto 15 de 2003
- 4 Medidos entre septiembre 1 de 2005 y septiembre 27 de 2005
- 5 Medidos entre octubre 26 de 2007 y noviembre 14 de 2008
- 6 Medidos entre octubre 16 de 2009 y noviembre 11 de 2010
- 7 Medidos entre enero 5 de 2012 y enero 25 de 2012
- 8 A partir de enero de 2012 se toman como referencia los bancos instalados en 2010

- A Valores obtenidos topográficamente
 B Valores obtenidos con instrumentación
 C Valor deducido

Los trabajos en la Catedral concluyeron en el año 2000



Éstos son los asentamientos acumulados desde 1862 hasta 2011. En la parte más baja, ubicada alrededor del aeropuerto de la Ciudad de México, el hundimiento es del orden de los 13 metros, pero en una gran extensión los hundimientos oscilan entre 6 y 9 metros. Las zonas marcadas con hundimiento cero corresponden muy cercanamente a lo que fue el lago de Texcoco en época de lluvias. En la actualidad, del lago de Texcoco sólo permanece el lago Nabor Carrillo.

HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD

El hundimiento me parece el mayor problema de la Ciudad de México en los años por venir, porque el abastecimiento del agua se va a resolver de alguna forma, pero para el hundimiento será muy difícil.

En el mundo, sólo dos ciudades han resuelto el problema del hundimiento: Shanghai y Bangkok. Lo que hicieron fue potabilizar el agua y reinyectarla, con lo que detuvieron el hundimiento. En Shanghai ahora ya no hay pozos.

Enrique Santoyo

En las diversas zonas de la Ciudad de México, donde la mayor parte de los suelos son arcillosos, los hundimientos van desde los 6 cm/año hasta más de 30 cm/año. El centro de la ciudad se ha hundido aproximadamente 10 metros en los últimos 60 años. El descenso del nivel estático del acuífero se paga doble en términos del abasto de agua: por un lado, cada vez es necesario bombear a mayor profundidad y la calidad del agua va decreciendo, lo que incrementa los costos de operación y potabilización; y por otro lado, las afectaciones a la red de abastecimiento por los hundimientos y grietas del subsuelo, aunado a la edad de las tuberías, hace que el 35% del agua que se distribuye se fugue por la red.

Los costos de ese hundimiento son incuantificables e incluyen la construcción del drenaje profundo, de los sistemas de bombeo del drenaje y el deterioro de todo tipo de infraestructura pública y privada.

Asimismo, “en el antiguo lago de Texcoco había pequeños islotes denominados *tlateles*, que eran de un material más resistente que el circundante. Ahora, conforme se va hundiendo el suelo de la ciudad, estos islotes provocan asentamientos diferenciales en las construcciones, los cuales conducen a esfuerzos adicionales en la estructura de las obras, particularmente en las excéntricas”.^{ESV}

“Es impostergable incrementar la instrumentación para decidir con base en un conocimiento confiable”^{ESV} “en qué sitios se pueden conservar pozos con un menor desequilibrio hidrostático en el acuífero, incluso con la

misma extracción, pero con menos impacto en las obras hidráulicas, construcciones privadas, vialidades, puentes y otras construcciones”.^{RMP} Se requiere “una prospectiva a 50 años de las deformaciones del suelo y las zonas de agrietamiento, y realizar un inventario de los pozos para determinar qué efectos tienen los pozos poco profundos y los profundos a fin de definir estrategias para estabilizar el acuífero”.^{GAG}

Asimismo, a fin de detener el hundimiento de la ciudad es necesario apoyar la recarga con agua residual potabilizada, sobre todo la capa inferior a las arcillas, y la recarga inducida con agua de lluvia mediante presas de gaviones, pozos de absorción y otras estructuras.

Frenar el hundimiento representa uno de los mayores retos, porque requiere de una decisión de carácter metropolitano que no será fácil de consensar. Por ello habría que analizar la necesidad y conveniencia de avanzar hacia soluciones metropolitanas de fondo: “se podrá evitar la sobreexplotación en la medida en que sustituyamos los caudales con agua de otras fuentes diferentes a las del acuífero del Valle de México. Sólo se podrá lograr cuando se cuente con un organismo operador metropolitano, porque podrá fijar políticas públicas a nivel de todo el valle. Y ya no importa si viene de manantial, si viene del acuífero o viene de una fuente externa. Las tarifas de agua, más que obedecer al origen de su fuente, deberían obedecer a la posibilidad de pago de la ciudadanía y a la sustentabilidad”.^{MOG}

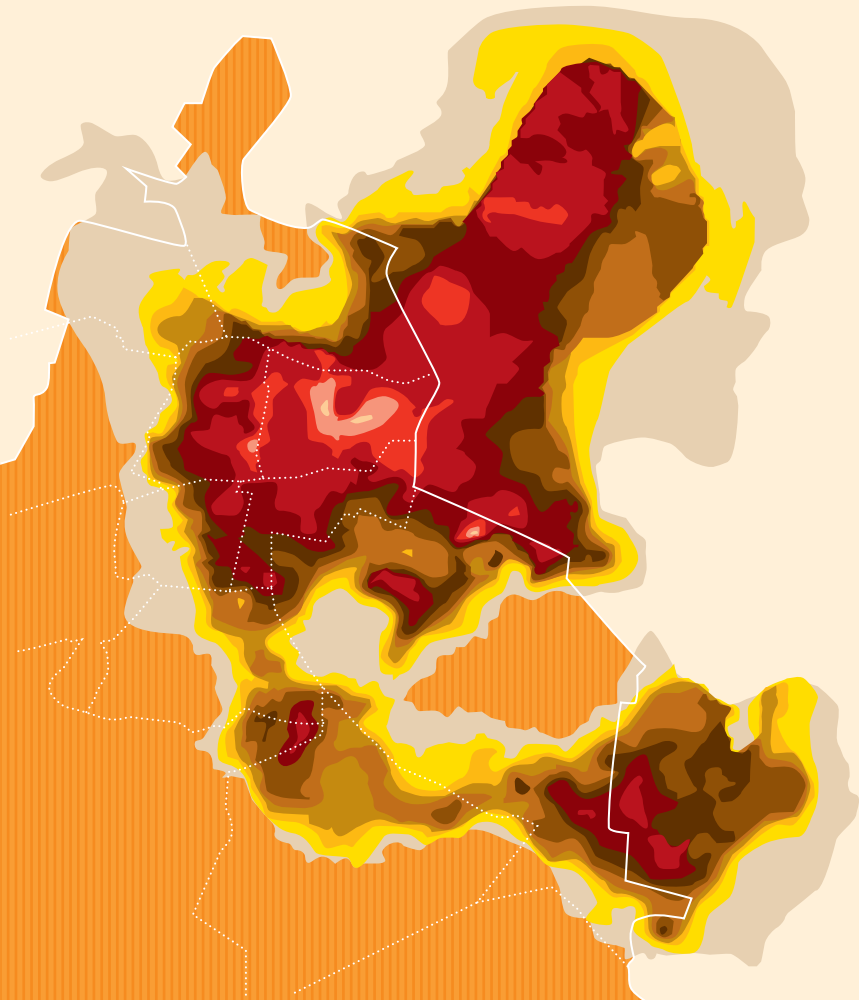
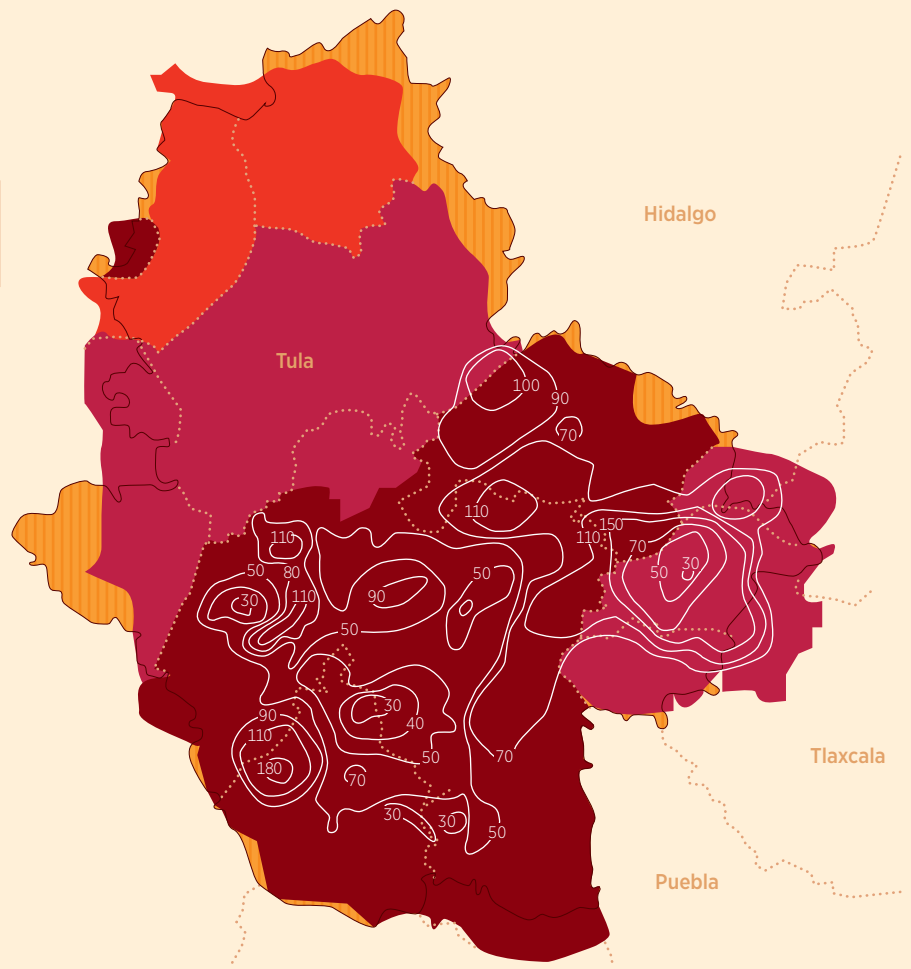
^{ESV} Enrique Santoyo Villa

^{RMP} Roberto Meli Piralla

^{GAG} Gabriel Auvinet Guichard

^{MOG} Manuel Ortiz García

PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO EN 2005

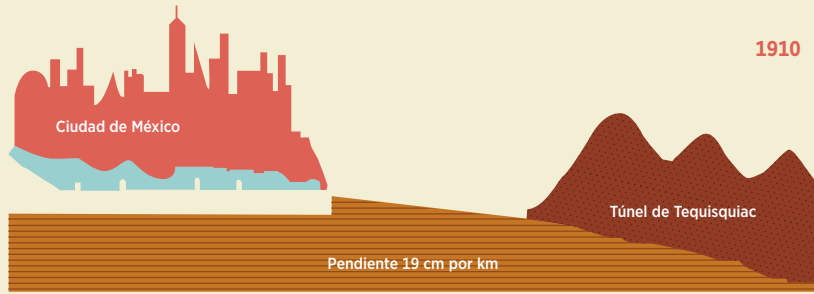


HUNDIMIENTOS ACUMULADOS, EN METROS, DE 1862 A 2011
 Fuente: Sistema de Aguas de la Ciudad de México, 2012.

- | | |
|-----|------|
| ● 0 | ● 7 |
| ● 1 | ● 8 |
| ● 2 | ● 9 |
| ● 3 | ● 10 |
| ● 4 | ● 11 |
| ● 5 | ● 12 |
| ● 6 | ● 13 |

EFFECTO DEL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO EN EL GRAN CANAL

1910



Conducción por gravedad al Gran Canal de Desagüe

1950



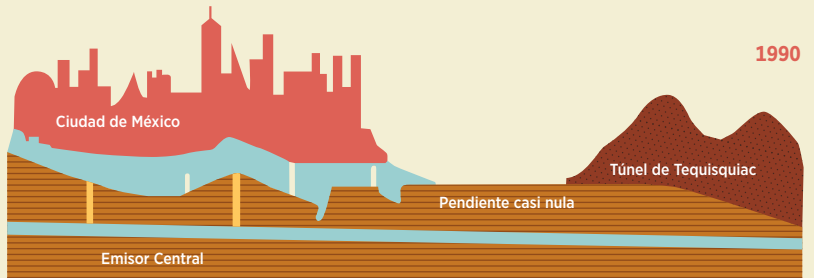
Sistema de bombeo al Gran Canal de Desagüe

1970

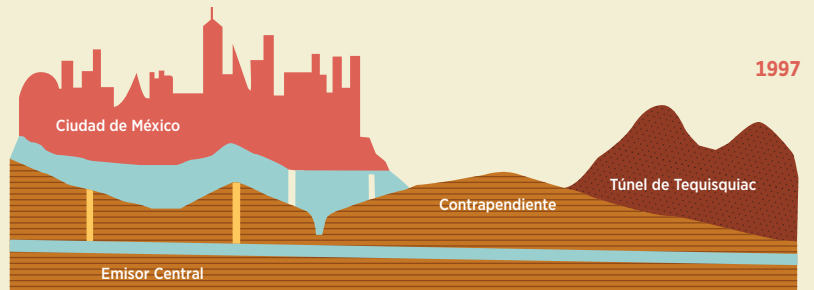


Sistema de bombeo al Gran Canal de Desagüe

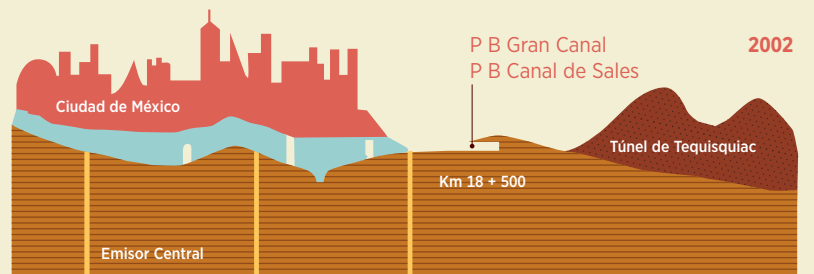
1990



1997



2002



MEDIDAS PARA DETENER EL HUNDIMIENTO

- 1 Mejorar la medición del hundimiento total. Se tiene una red de bancos y tensiómetros, pero se requiere utilizar nuevos métodos de medición indirecta, como el sistema LIDAR (acrónimo del inglés *Light Detection and Ranging*, o bien de *Laser Imaging Detection and Ranging*).
- 2 Medir el hundimiento y los abatimientos piezométricos en diferentes profundidades. Es necesario conocer la contribución de cada estrato para entender mejor qué está pasando; por ejemplo, se dice que el acuífero profundo ya está contribuyendo mucho al hundimiento y no hay evidencias claras de ello, porque no hay bancos suficientemente profundos. Se considera que la parte más importante del hundimiento se genera en los primeros 250 metros.
- 3 Actualizar los modelos analíticos y numéricos del hundimiento para explotar las características de las nuevas computadoras, ya que todavía se depende mucho de los modelos de Nabor Carillo, elaborados en 1942. En el campo de la geohidrología se cuenta también con modelos como los de Carlos Cruickshank, que es de los años 1980.
- 4 Instrumentar medidas de mitigación. Con las mediciones y los modelos se puede indagar la posibilidad de reducir la celeridad del hundimiento eliminando o reubicando pozos, y evaluar el efecto de eliminar pozos en zonas con agua de calidad inadecuada para los usos domésticos.
- 5 Adoptar una posición más activa. Inyectar agua con el objeto de controlar el hundimiento, que es diferente al objetivo de recargar el acuífero. Recargar el acuífero también es una necesidad, pero no necesariamente tendría una gran incidencia en el control de los hundimientos. El control del hundimiento requiere inyecciones a menor profundidad, en la primera capa dura que está entre 35 y 50 metros, para que los abatimientos regresen a su posición de condición hidrostática y las arcillas dejen de consolidarse. Los cálculos preliminares indican que con 4 l/s se puede cubrir una zona de 500 metros de radio.
- 6 Evaluar las implicaciones económicas y sociales del hundimiento. Sin el hundimiento no se hubiera necesitado el Emisor Central ni el Túnel Emisor Oriente; tampoco el bombeo sistemático que se está haciendo en el Gran Canal del Desagüe. Las reparaciones de las líneas 1 y A del Metro, la mala condición del tránsito vehicular, las calles afectadas por los hundimientos y grietas, y las cimentaciones de los edificios, requieren cuantificarse para motivar la instrumentación de medidas más drásticas.

Gabriel Auvinet

SISTEMA CUTZAMALA

El Sistema Cutzamala aprovecha el agua de la cuenca alta del río Cutzamala. Está conformado por siete presas de almacenamiento (Tuxpan y el Bosque, en Michoacán; Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo, en el Estado de México, y un vaso regulador —Donato Guerra—); líneas de conducción de 150 km con diámetros variables de 2.5 hasta 4.5 m; una planta potabilizadora con capacidad de 20 m³/s, denominada Los Berros, a cargo de la Comisión Nacional del Agua; seis plantas de bombeo para vencer desniveles topográficos de 1,100 m, y 150 km de acueductos y túneles para el suministro del agua en bloque a la zona metropolitana de la Ciudad de México.

El Sistema Cutzamala representa una importantísima fuente de abastecimiento, ya que, aunque aporta el 30% del suministro de agua a la capital del país, al combinarse con los pozos de la ciudad, el efecto de sus beneficios alcanza aproximadamente al 50% de la población, es decir, alrededor de 4.5 millones de habitantes dependen de esta fuente. Precisamente por ello, una reducción en los caudales que suministra tiene un gran impacto en el servicio a la ciudad.

Al ser una fuente superficial, la dependencia sobre la temporada de lluvias para el suministro de agua es directa, de un año a otro. No es el mismo caso de los pozos, donde se tiene un acuífero que puede amortiguar las variaciones en la precipitación y, en la medida en que se respete el promedio del suministro anual, un año de sequía no tiene mayores efectos en la extracción.

Las fuentes de abastecimiento locales (pozos, manantiales) presentan el reto de su agotamiento y las externas el de la reducción de su caudal. Por una parte el acuífero de la Ciudad de México no puede seguirse sobreexplotando y, por otra, en los últimos años (2006, 2008 y 2012) se han registrado niveles muy bajos en el almacenamiento de las presas, lo que permite suponer que los escurrimientos del Sistema Cutzamala empiezan a presentar una variación hidrológica con una tendencia de disminución.

En lo que se refiere a la infraestructura, el acueducto del Sistema Cutzamala ha servido durante 30 años de manera prácticamente ininterrumpida, por lo que requiere inversiones multimillonarias, indispensables para garanti-

zar que funcione de manera continua y adecuada, y con ello evitar una crisis en el suministro de agua al Valle de México por ese concepto. “Un sistema tan importante para el Valle de México no puede tener un solo conducto, y esto es un problema de origen que ahora se vuelve crítico. Hay muchos elementos que ya están muy rebasados. Se tiene que mejorar el sistema desde la primera presa hasta la llegada a la ciudad. Y no sólo las tuberías, se requiere una revisión completa de todas las partes, porque muchas se quedaron incompletas desde su origen”.^{FAC}

De conformidad con un estudio realizado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuando menos habría que realizar las siguientes acciones:

- 1 Construcción de una tercera línea paralela para reforzar la capacidad de conducción del tramo TO5—túnel Analco San José.
- 2 Construcción de una línea paralela en el tramo PB5—TO5.
- 3 Modernización de los procesos de la planta potabilizadora Los Berros.
- 4 Colectores marginales y plantas de tratamiento para proteger de descargas de aguas residuales a las presas Valle de Bravo, Chilesdo, El Bosque y Tuxpan.

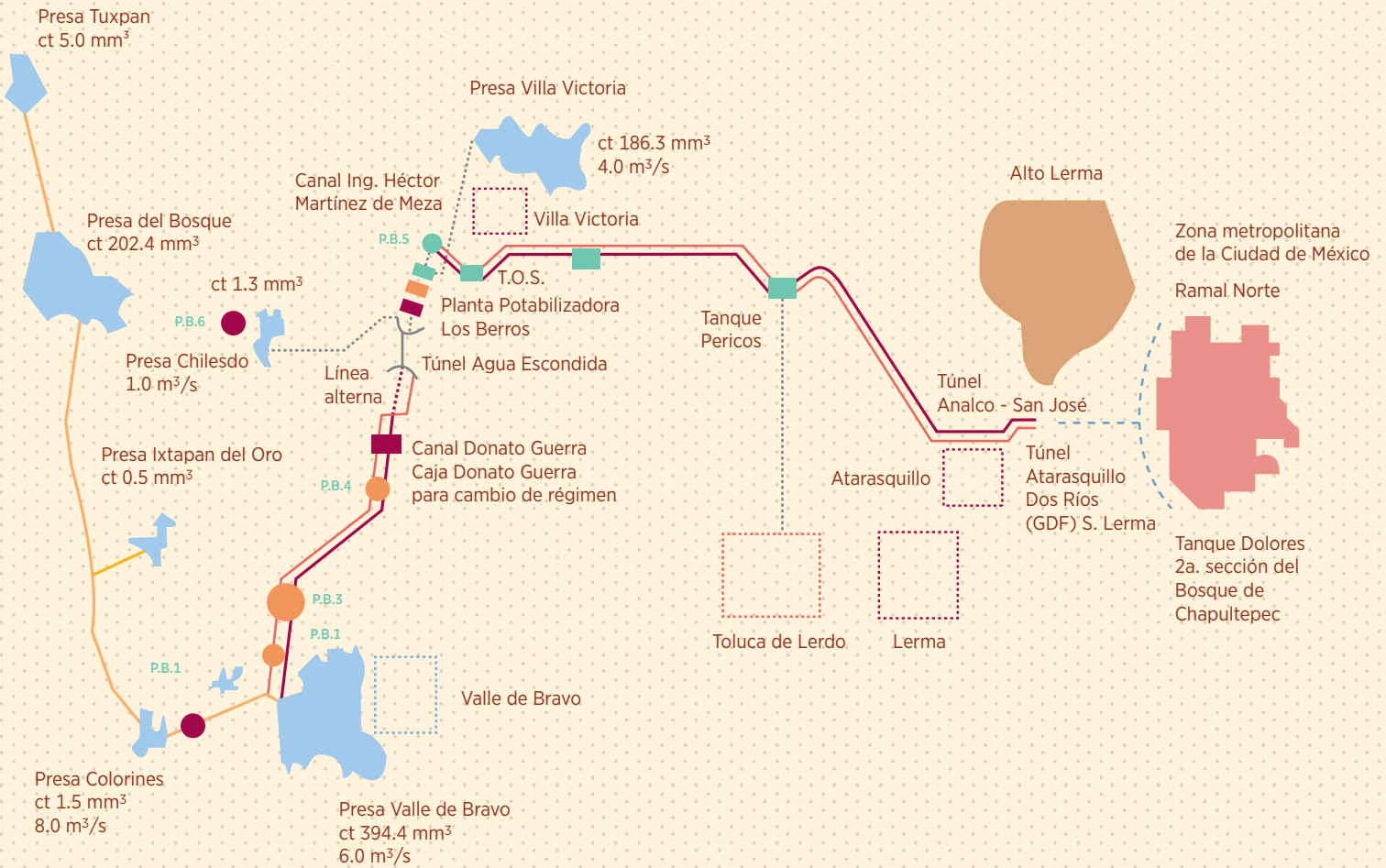
Las inversiones requeridas para estas acciones superan los 5,000 millones de pesos y sólo evitan que una falla del acueducto pueda generar un problema mayor de escasez. Sin embargo, otro aspecto en el que se debetener preparación es el de una muy posible sequía.

En 2012 se presentó un problema de reclamos de la ciudadanía por la presencia en el agua del Cutzamala de una sustancia denominada “geosmina”—producida por la bacteria *Streptomyces coelicolor*— que se desprende de algas que proliferaron en la presa Valle de Bravo, derivado de las altas temperaturas, el bajo nivel del almacenamiento de las presas y la contaminación. Evitar las descargas de aguas contaminadas a las presas y proteger estas fuentes de abastecimiento es otro de los renglones que deben abordarse. “En las presas del Sistema Cutzamala se deben detener los azolves y las descargas; construir cunetas perimetrales; reforestar nuevamente y aplicar la ley con las descargas”.^{FAC}

^{FAC} Felipe Arreguín Cortés

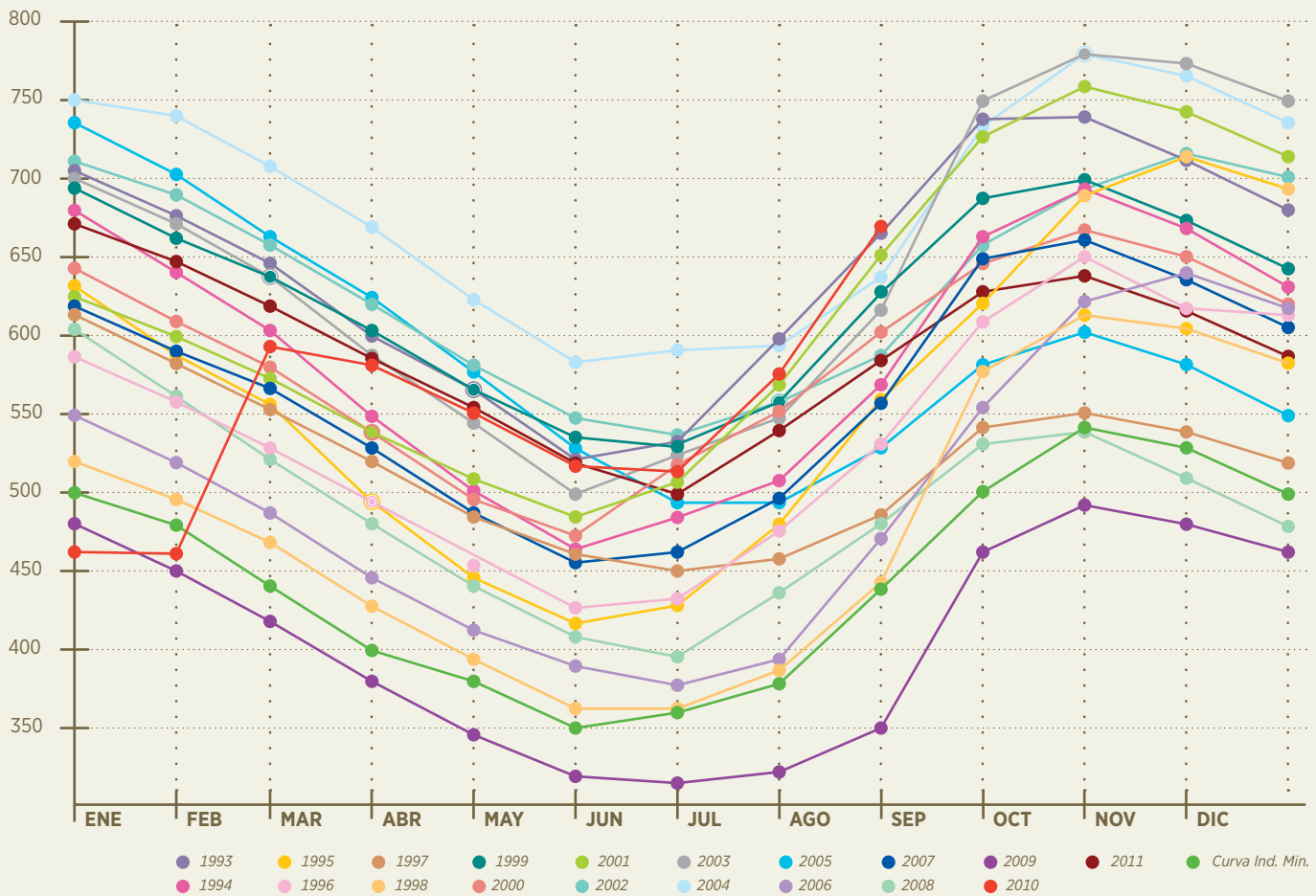
PLANO CUTZAMALA

- I-4
- II-6 19.0 m³s
- III-9 ct captación total



ALMACENAMIENTO TOTAL DEL SISTEMA CUTZAMALA

Almacenamiento (Mm³)



SEQUÍA

Una sequía es un periodo de varios meses o años en los cuales una región experimenta una disminución en la disponibilidad de agua, ya sea superficial o subterránea. La sequía meteorológica ocurre cuando en un área la precipitación pluvial registra constantemente valores por debajo de su promedio temporal.

Una sequía hidrológica se presenta cuando el agua disponible en ríos, acuíferos, lagos y presas de almacenamiento se halla por debajo de su valor promedio; esta sequía tarda más en hacerse evidente porque involucra el uso de un volumen de agua almacenada superior al que se renueva y, al igual que la sequía agrícola, puede ser provocada por causas adicionales a la disminución de la lluvia. Aunque las sequías pueden subsistir por varios años, una sequía de poca duración pero muy intensa puede causar un severo desequilibrio en la provisión del servicio de agua potable: la sequía que nos preocupa es aquella donde se genera un problema de alto impacto porque la demanda de agua es superior a la oferta como resultado de una deficiencia en el abasto de agua provocada por eventos climáticos.

En México la situación no se vislumbra sencilla, ya que “primero hay que entender que es un país semidesértico, ubicado en la franja donde están los desiertos más grandes del mundo. Los huracanes balancean un poco la situación que se tiene con la precipitación, pero las sequías estarán presentes”.^{FAC}

En este sentido, el cambio climático representa una real amenaza, ya que una reducción en las precipitaciones de, por ejemplo, un 10%, puede representar una reducción del 20% en la capacidad de suministro del sistema y esto debido a que el medio ambiente requiere saturarse para que se inicie el escurrimiento. “Con el cambio climático la probabilidad va a ser más alta de tener una sequía”,^{CGG} “necesitamos construir el escenario en cuanto a las fuentes de abastecimiento, qué va a pasar con el cambio climático en la cuenca del Cutzamala, cuál es el escenario que estamos esperando, va a haber más lluvia o menos lluvia, se va a mantener el flujo, se va a tener que hacer una reforestación intensa, cosa que debería. ¿Qué pasa, por ejemplo, si tenemos el escenario que en 20 años disminuya el caudal del Cutzamala a la mitad?”^{LGG}

“Las sequías no van a dejar de ocurrir, pero se puede aprender de ellas y fortalecer la capacidad de recupera-

ción, la habilidad de prevenir ante la vulnerabilidad y estar preparados para cuando se presente la siguiente sequía. Con estas acciones se estará en condiciones de decirle a un industrial, a los proveedores de servicios turísticos, a los hospitales, a los clubes deportivos y al ciudadano en general qué debe hacer para adaptarse al recorte en el suministro de agua. Por tanto, cada cuenca hidrológica o región hidrológico-administrativa y cada organismo operador de agua potable y saneamiento debe tener su propio *Plan de Preparación para Afrontar Sequías*, de tal manera que todos los actores sociales y autoridades sepan qué es lo que deben hacer ante una sequía de duración, intensidad y severidad específicas. Sin embargo, para la Ciudad de México el efecto amortiguador ante las sequías no debe ser el Sistema Cutzamala, sino el acuífero”.^{FAC}

La manera de romper el ciclo “hidrológico” —lluvia, apatía, sequía, conciencia, preocupación, pánico— es mediante planeación y preparación para afrontar la disminución de agua. De esta manera, un *Plan de Preparación para Afrontar Sequías* consiste en una serie de actividades que incluyen: evaluar el riesgo, medir las variables climatológicas y manejar el riesgo de una crisis.

Un *Plan de Preparación para Afrontar Sequías* debe establecer cinco metas para la Ciudad de México:

- 1 Identificar el impacto de la sequía en los diversos sectores que usan los servicios públicos domiciliarios de agua potable.
- 2 Definir las fuentes de vulnerabilidad ante una sequía y diseñar programas de medición para alertar a los usuarios del agua y al propio Sistema de Aguas de la Ciudad de México acerca del comienzo y la intensidad de una sequía.
- 3 Preparar opciones de respuesta ante una sequía y estrategias de mitigación a fin de reducir el impacto de la sequía a los habitantes de la Ciudad de México.
- 4 Institucionalizar el plan.
- 5 Ejercitar y actualizar el plan y aplicarlo durante la siguiente sequía.

Al igual que en otras emergencias —como incendios, sismos e inundaciones— los planes son sumamente conductuales y su éxito depende de la comprensión que la gente tenga acerca del papel que juega en ellos y de cómo sus acciones encajan en una respuesta más amplia.

^{FAC} Felipe Arreguín Cortés

^{LGG} Luis Manuel Guerra Garduño

^{CGG} Carlos Gay García



ASPECTOS METROPOLITANOS

AGUA

Tanto la extracción de las aguas nacionales para ser usadas en un sitio distinto en el que se depositan o escurren, la competencia por el agua para el riego y su posterior uso en la generación de energía hidroeléctrica —en este caso, en la planta Zimapán, Hidalgo—, como la coordinación entre los tres órdenes de gobierno para la distribución de aguas claras y el drenaje de aguas residuales y de lluvia, trascienden las atribuciones de los actores políticos considerados de manera individual.

La coordinación entre los diversos gobiernos, sectores de la economía y grupos sociales con intereses específicos se puede lograr con la conjunción de voluntades, pero es evidente que no es sencillo y para ello primero se requiere reconocer que la zona metropolitana del Valle de México integra a una sola ciudad y que el agua no obedece a límites políticos ni administrativos, al contrario, estos límites políticos suelen representar un obstáculo para las soluciones hidráulicas. Por ello está claro que “nadie puede resolver los problemas por su cuenta, tiene que ser una solución metropolitana, tiene que ser una organización en la que participe el Gobierno Federal, los municipios del Estado de México, el gobierno del Estado de México, algunos municipios del estado de Hidalgo, el Gobierno del Estado de Hidalgo y el Distrito Federal”.^{LRC}

Se requiere institucionalizar lo que hoy en día se ha dado en llamar “ciclo urbano del agua”. Este concepto —aún en desarrollo— alude a un conjunto de actividades, responsabilidades y prestación de servicios que incluyen la protección de las fuentes de abastecimiento, en el sentido de conservar áreas boscosas o incluso de reforestar; la extracción, almacenamiento, conducción, potabilización y distribución del agua potable; la recolección, tratamiento, reúso y disposición final de las aguas residuales; la captación, conducción, aprovechamiento y disposición final de las aguas de lluvia; las políticas y otorgamiento de permisos para la urbanización en zonas donde se tenga factibilidad de prestar el servicio público domiciliario de agua potable; las políticas para establecer, aumentar, disminuir y remover áreas de riego cuyos derechos de uso del agua compiten con el orden de prelación para uso público urbano; las políticas públicas, mecanismos institucionales e incentivos económicos para

la transmisión e intercambio de derechos de uso del agua, y la gobernanza del agua, entendida como un cogobierno entre autoridades y la sociedad.

La demanda de agua en la zona metropolitana de la Ciudad de México ha tenido un incremento sostenido, particularmente por el crecimiento de la población en el Estado de México, ya que a partir de 1980 la población en el Distrito Federal se ha estabilizado. Adicionalmente, la demanda de agua ha crecido por el desarrollo industrial, comercial y de servicios asentados en esa zona.

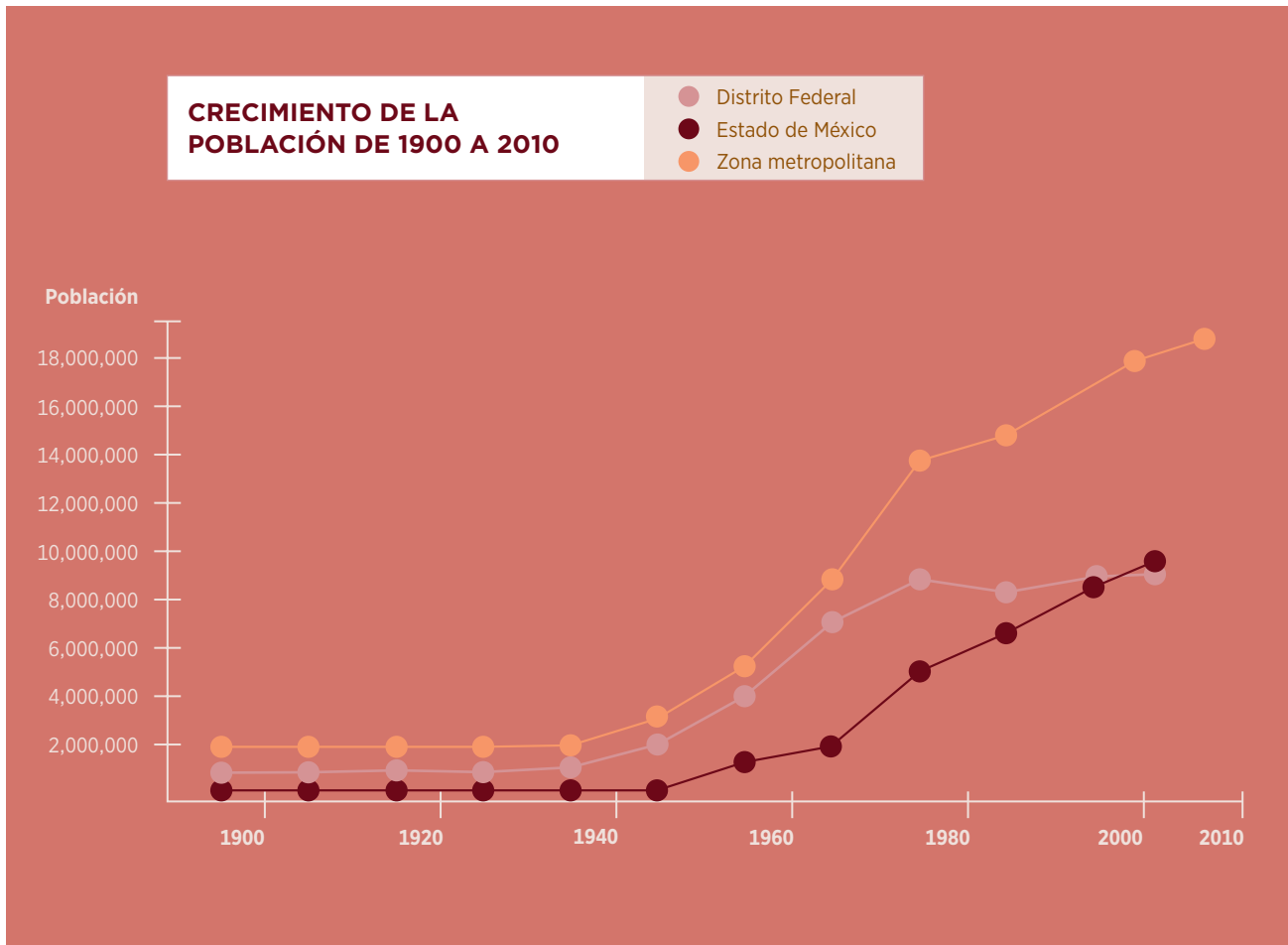
Existen estimaciones que prevén un crecimiento poblacional hacia el sur del Distrito Federal, en casi todo el Estado de México y en la parte contigua del estado de Hidalgo de 4.6 millones de habitantes hacia el año 2030. Aunado al crecimiento de la población, la ocupación de los terrenos desecados ha abarcado prácticamente todo el lecho de lo que fue el lago de Texcoco, y en las cuencas de México y del río Tula la urbanización ha avanzado de 33.19 km² en 1910 a 3,792.33 km² en 2010.

Controlar el crecimiento de la población no ha sido fácil y, aunque “existe un consenso para que no crezca la zona metropolitana de la Ciudad de México, sigue creciendo todos los días inexorablemente. Sigue llegando mucha gente de fuera, pero ya no se asientan en el Distrito Federal porque es más caro; entonces se quedan en las periferias, que son los municipios del Estado de México. Sí ha habido la voluntad de hacer planeación, de establecer restricciones, de endurecer leyes, sobre todo las penales, pero eso ha sido ineficaz. Y no se puede porque es un tema muy complejo”.^{MOG}

Ese crecimiento poblacional viene acompañado de un incremento en la demanda de agua, con el problema de que se trata de una de las regiones del mundo donde la relación demanda contra oferta de agua está siendo claramente rebasada. “En el gran paradigma de la sustentabilidad ambiental para el desarrollo, uno de los elementos digamos básico es entender el agua como uno de los factores limitantes de crecimiento, de desarrollo y entonces conocer ese límite y reconocerlo. La tendencia hídrica debería enfocarse a no interconectar más cuencas, a mirar hacia las autonomías en la medida de lo posible porque se ha construido ya un espacio habitado que no tiene nada que ver con lo urbano, sino que es un conglomerado continuo entre lo urbano y lo rural, en donde el mayor demandante de servicios ambientales

^{LRC} Luis Robledo Cabello

^{MOG} Manuel Ortiz García



que existe en nuestro país es la propia Ciudad de México y su zona metropolitana”.^{JCL} Y el agua que demandan esas teselas de zonas urbanas y rurales contribuye a la sobreexplotación de los acuíferos que subyacen a la cuenca del Valle de México. Por ello, “para detener los hundimientos se requiere cancelar el riego de cultivos en la cuenca del Valle de México con aguas de primer uso, porque se extrae un volumen similar a la extracción que se realiza en todo el Sistema Cutzamala, pero para regar alfalfa. En Ixtapaluca, Texcoco, Teoloyucan y Zumpango se extraen 11 metros cúbicos por segundo para uso agrícola”.^{FGV}

Por otra parte, es necesario concluir algunas obras. En el Estado de México ya está terminado el Macrocircuito pero en el Distrito Federal el Acuaférico está suspendido porque no hay agua que transportar y, ante las limitaciones de recursos económicos, es una inversión poco redituable, aunque sí daría versatilidad a la operación metropolitana. “Faltan 9 km para llegar a Iztapalapa, 6 en

túnel y 3 en acueducto, y llegar a la parte alta de la Sierra de Santa Catarina, desde donde se domina perfectamente la zona oriente. Al cerrar la pinza —construyendo el Estado de México el acueducto norte— de estas obras circundantes se tendría mayor flexibilidad para abastecer a Iztapalapa, a Chalco y Valle de Chalco, que siguen teniendo un crecimiento impresionante. Con 500 l/s o 1 m³/s, mejorarían considerablemente las condiciones de la zona oriente”.^{OHL}

El agua es un recurso tan valioso en la Ciudad de México que prácticamente cada gota cuenta. Por ello, “es necesario aprovechar al máximo cualquier fuente de abastecimiento, como la presa Madín de donde se puede extraer entre 0.5 y 1.0 m³/s o la presa Guadalupe, cuya extracción firme se aproxima a 1.5 m³/s. Entonces, se puede usar por gravedad un gasto de agua de 2.0 m³/s, lo cual equivale a la mitad del gasto que podría aprovecharse en el futuro del río Temazcaltepec”.^{OHL}

^{JCL} Julia Carabias Lillo

^{FGV} Fernando González Villarreal

^{OHL} Óscar Jorge Hernández López

PLANO METROPOLITANO: POZOS, PRESAS, RIEGO



Barrientos Chalmitta
Q=1.95 m³/s

Chiconautla
Q=1.35 m³/s

Lerma
Q=4.01 m³/s

Cutzamala
Q=8.95 m³/s

GEVM
Q=0.56m³/s

Distrito de riego Tecamac
Distrito de riego Ecatepec
Distrito de riego Cuautitlán Izcalli
Presa Guadalupe
Presa Madín
P.B. Coyotepec
Rama Rizayuca-Pachuca
Ramal Teloayan
Ramal Los Reyes
Ramal Ecatepec
Ecatepec Los Reyes
P.B. Barrientos
P.B. No. 1
P.B. No. 2
CHICOLAPAN
MACROCIRCUITO
NEZAHUALCÓYOTL
RAMAL NORTE
RAMAL SUR
T. Cartero Cuajimalpa de Morelos
C. de Xaltepec
Tanque La Caldera
C. de Tehutli
ACUAFÉ RICO
Primera derivación
Segunda derivación
T. Primavera
Tercera derivación San Andrés Totoltepec
Cuarta derivación San Francisco Tlalnepantla
Proyecto
Portal de salida T. Atarasquillo
Portal de entrada Analco-San José

DRENAJE GENERAL OBRAS FUTURAS

- Presas
- Drenaje
- - - Túnel
- Lumberas
- Colectores



DRENAJE

Las complicaciones en el tema de drenaje no son menores que el caso del agua. El problema tiene origen en la época colonial al tomar la decisión de no respetar los cuerpos de agua y buscar desecar los lagos para habitarlos. “La dimensión ambiental, que en un origen estaba presente, es patente en las posturas de Francisco de Garay quien recomendó no desecar el Valle de México y que las obras que se hicieran fueran para regular el agua. Humboldt era enemigo de las grandes obras para sacar el agua del Valle, decía: pueden aquí hacer un paraíso tienen con qué y cómo”.^{MPC}

El problema se ha ido agravando ya que “a medida que la Ciudad de México aumenta sus áreas pavimentadas, se incrementa el coeficiente de escurrimiento y se requiere una mayor capacidad de drenaje. De lo contrario, con una lluvia generalizada muy fuerte se podría inundar el centro de la ciudad, que es la parte más profunda, y el aeropuerto”.^{FGV}

Después de una gran polémica sobre la posibilidad de una gran inundación en la Ciudad de México, se inició la construcción de la infraestructura que había estado suspendida cuando menos una década. A consecuencia de esa decisión, “ya se está haciendo el nuevo Túnel Emisor Oriente, el cual disminuirá el riesgo de inundación, ya que el Túnel Emisor Central ya es insuficiente”.^{ESV}

De hecho, el trabajo conjunto de los dos túneles, el Emisor Central y el Emisor Oriente, reviste una solución estratégica para la ciudad. “El Túnel Emisor Oriente es una obra que se tiene que concluir, no solamente desde el punto de vista de un incremento de la capacidad de drenaje y de protección contra las inundaciones, sino que va a ser el instrumento que permita trabajar los dos emisores en paralelo para efectuar los trabajos de mantenimiento de una manera más eficaz. El lapso en el cual se puede dar mantenimiento a los emisores es muy breve, por lo que cualquier trabajo en los túneles requiere una planeación y una logística para ventilarlos. Antes de introducirse se requiere sellar compuertas, instalar bombas y realizar instalaciones dentro de los túneles. De esa manera se pueden tener poco tiempo para cumplir metas y se debe retirar la maquinaria antes de que llegue la temporada de lluvias. Con los dos túneles los tiempos de reparación se pueden alargar sin riesgos para la ciudad”.^{ALA}

Para el caso de los túneles es importante “una amplia planeación y un proyecto ejecutivo exhaustivo. Las

obras subterráneas siempre llevan un riesgo geológico, y la manera de reducirlo es dedicarles el tiempo adecuado para hacer exploraciones. Se requiere conocer lo mejor posible las características de los materiales y la hidrología. Y, como no existen las máquinas universales, también es necesario seleccionar cuidadosamente las máquinas”.^{ALA}

Sin embargo, no sólo debe concluirse el Túnel Emisor Oriente y todos los túneles del Plan Metropolitano de Drenaje: “con la política de construir túneles y transferir sin regulación las avenidas provocadas por las lluvias dentro de la cuenca del Valle de México se transfiere el problema de las inundaciones a Tula, Hidalgo. Pero tampoco resulta fácil conservar el agua contenida en los almacenamientos de regulación actuales o incluso ampliados, porque su capacidad es insuficiente. Por ello se requiere un protocolo de operación conjunta más completo, en donde una de las variables de control sea precisamente la intensidad máxima de las avenidas que se transfieran a Tula”.^{RCG}

En la regulación de las avenidas existen coincidencias: “no se puede construir infraestructura para drenar el agua de manera instantánea; es necesario habilitar vasos de regulación para incrementar el tiempo de concentración de las aguas pluviales. Hace falta regular, por ejemplo no puedes agregarle otros 70 metros cúbicos por segundo al río de la Compañía por el Canal General, en la misma zona hay en proyecto desde hace mucho, 7 pequeñas presas en la Cuenca del Río de la Compañía que hay que construir para regular todo lo que viene del río Amecameca”.^{RDM}

Es conveniente destacar que, a pesar de las dimensiones de la zona metropolitana del Valle de México, se trata de un sistema de drenaje que está todo interconectado y en la medida en que se han construido más obras que se incorporan al sistema metropolitano “resulta complejo operar de manera coordinada la infraestructura, razón por la cual es importante revisar y actualizar el protocolo de operación del drenaje y contar con registros sistemáticos y en tiempo real de la lluvia, gastos y niveles del agua para tomar decisiones oportunas”.^{RDM}

“El protocolo de operación conjunta está dedicado principalmente al manejo de tormentas y sólo se aplica cuando las lluvias rebasan cierta intensidad. En la época de estiaje cada municipio o entidad federativa organiza por su parte la limpieza, conservación y mantenimiento de sus colectores y emisores; faltaría resolver que esa limpieza, conservación y mantenimiento se lleve a cabo de manera adecuada por todos los responsables”.^{RCG}

^{MPC} Manuel Perló Choen

^{FGV} Fernando González Villarreal

^{ESV} Enrique Santoyo Villa

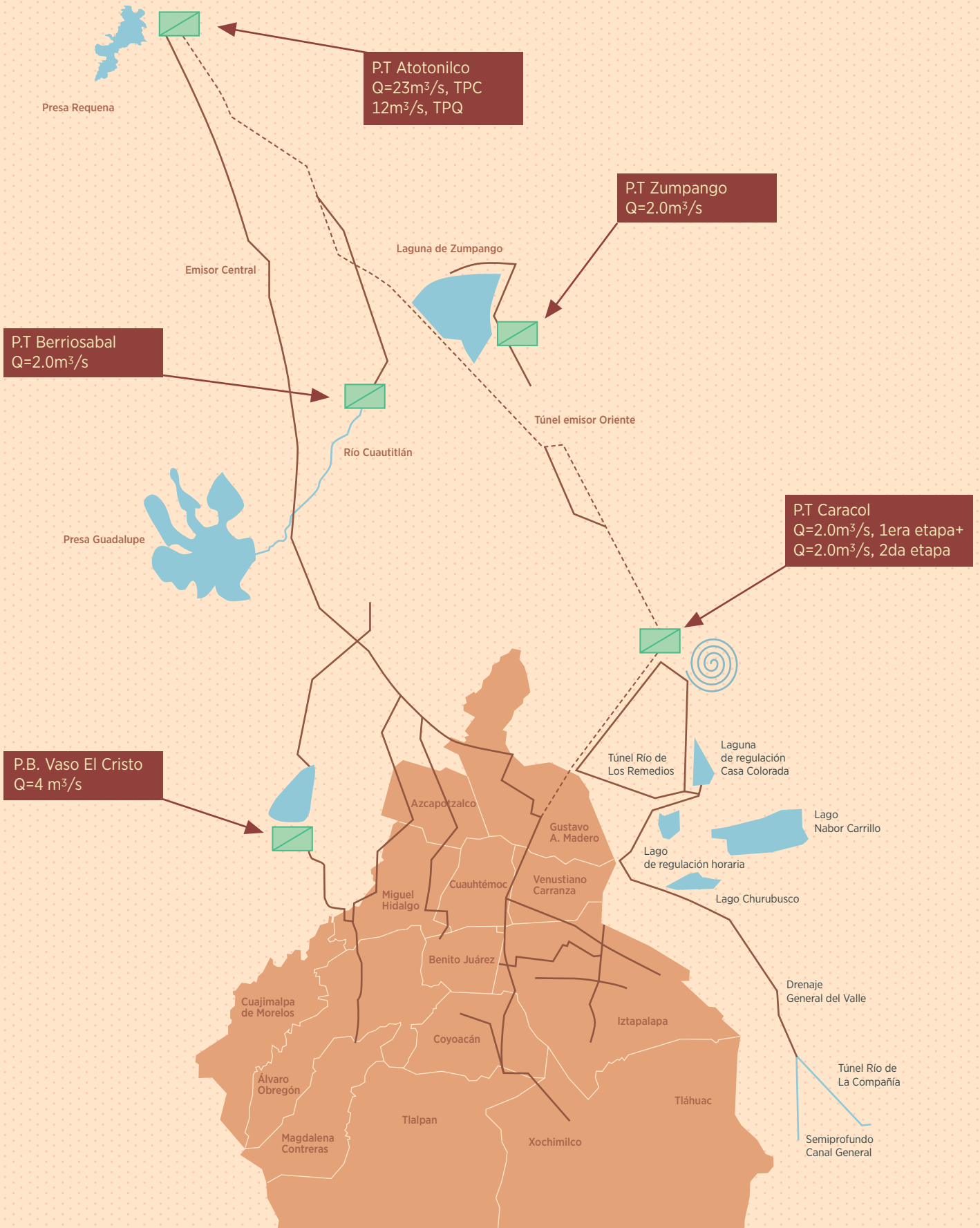
^{ALA} Adrián Lombardo Aburto

^{RCG} Rubén Chávez Guillén

^{RDM} Ramón Domínguez Mora

^{RCG} Rubén Chávez Guillén

PLANO GENERAL DE OBRAS DE SANEAMIENTO DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO



TRATAMIENTO

“La planeación del tratamiento de aguas, debería traducirse en un aspecto de saneamiento, más que un número de cobertura, con un criterio de sustentabilidad, de reúso, de sustitución por volúmenes potables que se ocupan en usos que no requieren esa calidad. El tratamiento de aguas es, sin duda, un concepto necesario desde el punto de vista primario de salud, desde el punto de vista evolutivo, desde el punto de vista de producción económica, de eficiencia física. Se requiere un criterio más amplio de planeación de esas obras”.^{ACL}

En el tratamiento de las aguas metropolitanas es donde se tienen los mayores rezagos en lo que se refiere a la construcción de la infraestructura hidráulica metropolitana. Aunque en el Distrito Federal se cuenta con 25 plantas de tratamiento donde destaca la Cerro de la Estrella, con capacidad de 3,000 litros por segundo, en el conjunto de las mismas se procesa el 14% del volumen de aguas residuales descargadas por la capital del país. Para el resto se requiere de la construcción de plantas que ya tienen carácter metropolitano, debido a que se deberán procesar no sólo aguas descargadas por el Distrito Federal sino también por los municipios conurbados del Estado de México.

En ese sentido, las plantas metropolitanas que procesarán aguas de las dos entidades y que se tienen consideradas en el Plan Hídrico del Valle de México que elaboró la CONAGUA, son Atotonilco, en Tula, Hidalgo, actualmente en construcción y que con un caudal de 23

m³/seg de aguas residuales será la planta más grande de América Latina; Vaso El Cristo, con capacidad programada de 4 m³/seg; El Caracol con capacidad de 2 m³/seg, la cual también ya inició su construcción, y finalmente la planta Nextlalpan que todavía se encuentra en estudio debido a que se requiere también tratar aguas de los municipios ubicados al norte del Valle de México.

Otras plantas contempladas en el Plan Hídrico del Valle de México, pero que atenderán caudales exclusivamente de municipios mexiquenses son Berriozábal de 2 m³/seg, Zumpango de 4 m³/seg y del orden de una decena de plantas municipales para procesar sus descargas sobre el Gran Canal.

En la mayoría de las plantas, tanto en proceso como programadas, el concepto de reúso está presente; el reto consiste en hacer realidad la sustitución de caudales y la cancelación de pozos que ocupan agua potable para riego agrícola. “Un altísimo porcentaje del agua que se consume, por lo menos aquí en el Valle de México, es de uso agrícola, eso lo puedes intercambiar, y si eso se da, estamos hablando de 20 m³ por segundo. El reúso es básico”.^{OHL}

Y la apuesta va en ese sentido: “Las plantas de tratamiento propuestas dentro del Valle de México que tienen por concepto el dar tratamiento y mandar el agua a los distritos de riego, a fin de dejar de operar los pozos con los que se riegan las zonas agrícolas y entonces conservar los acuíferos, incluso algunos de ellos los conecta a la red de distribución, entonces ahí tendremos un intercambio de agua tratada”.^{RCG}

^{ACL} Alfonso Camarena Larriva

^{RCG} Rubén Chávez Guillén

^{OHL} Óscar Jorge Hernández López

ORGANISMO METROPOLITANO

Es claro que un organismo operador de agua potable y saneamiento no tiene atribuciones, por ejemplo, para proteger las fuentes de abastecimiento ni para autorizar los desarrollos habitacionales. Asimismo, la responsabilidad para drenar las aguas de lluvia corresponde, en primera instancia a los municipios por mandato constitucional pero, si el drenaje ocurre a través de una corriente natural, la jurisdicción es federal. En el caso de la Ciudad de México, varios ríos tienen una parte de escurrimiento natural, otra parte entubada —cuya atribución corresponde al organismo operador— y nuevamente escurre a cielo abierto. Estas distintas fases del escurrimiento requieren, forzosamente, una coordinación institucional que va más allá de lo que indica la *Constitución* y la *Ley de Aguas Nacionales*.

Por ello, la región “hidropolitana” requiere un organismo metropolitano que se encargue, mediante un plan predefinido y en etapas con avances graduales, de entregar agua en bloque a los municipios y de operar el drenaje y las plantas de tratamiento metropolitanos, de tal manera que cada organismo operador atienda sólo la distribución del agua potable y las redes de alcantarillado sanitario. Aun así se requiere el concurso de autoridades forestales, de desarrollo urbano, reguladores económicos y un sinnúmero de organismos expresamente facultados para cada tema involucrado.

Como el conglomerado urbano es tan grande y complejo, “la provisión de los servicios de agua tiene que abordarse de manera integrada, para evitar la aplicación de una política pública en una zona y que cruzando la calle se aplique otra. Para ello, se requiere una voluntad política firme y quizá pudiese concebirse a cinco o diez años un solo Sistema de Aguas de la Cuenca del Valle de México”.^{ANR}

“Tarde que temprano se va a tener que constituir un organismo metropolitano, ya que no se tienen muchas opciones en una megalópolis tan aglomerada y compleja, en la cual se comparten acuíferos, fuentes externas de abastecimiento e infraestructura hidráulica”^{MOG} que, “conforme se ha ido expandiendo, su operación se hace más compleja para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México porque no toda se halla en el ámbito de su competencia”.^{GGV}

“Por la colindancia que tiene el Distrito Federal con los municipios del Estado de México es fundamental crear un organismo operador metropolitano para que opere las obras que tienen un impacto en la metrópoli. Ese organismo debe abordar los aspectos de planeación, construcción y operación de las obras”.^{ALA}

“Debe haber un organismo metropolitano que planee, construya, opere y preste el macroservicio de agua y saneamiento a toda la zona metropolitana; que cobre a los organismos operadores municipales, no a la población, el agua en bloque y la parte alícuota del drenaje y del saneamiento metropolitano. Eso implica que debe haber representación del gobierno federal, del gobierno del Estado de México —incluso de los municipios metropolitanos— y del Distrito Federal. Y debe tener un presupuesto propio aprobado y etiquetado por la Cámara de Diputados. Pero debe haber un solo mando en la metrópoli y en la operación de la infraestructura metropolitana, incluido el sistema Lerma y el Cutzamala, los acueductos, las grandes plantas de tratamiento de aguas residuales, los emisores y los interceptores, así como el drenaje profundo para darle servicio a la zona metropolitana”.^{GGV}

“El drenaje metropolitano está inmerso en el Distrito Federal, el Estado de México y en una zona en donde ambos comparten el desalojo con el estado de Hidalgo. Entonces, si no se concibe de manera holística, se pierde el sentido de oportunidad, economía, escala y de la toma de decisiones única. Por ello, el manejo de las aguas re-

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

^{MOG} Manuel Ortiz García

^{ALA} Adrián Lombardo Aburto

^{GGV} Guillermo Guerrero Villalobos

siduales y pluviales metropolitanas a su destino final, debería estar a cargo de un ente supraestatal en el cual participen el gobierno federal, el Distrito Federal y el gobierno del Estado de México. Este organismo —que tiene que ser un órgano profesional, más allá de los periodos gubernativos— debe vigilar la temporada de lluvias y promover el mantenimiento preventivo”.^{DKF}

Sin embargo, “se cree que un operador metropolitano ejecutará acciones idóneas, porque se tiene la concepción de que cuando hay inundaciones es debido a que no hay un solo mando, pero en realidad cada organismo operador hace su mayor esfuerzo para evitar que se inunde el Estado de México o el Distrito Federal y, aunque las decisiones las tome una sola entidad, ésta va a tener los mismos problemas que se tienen ahora por la falta de infraestructura, o quizá peor, si no conoce bien los sistemas de drenaje. Si las necesidades de un operador único no se ven reflejadas en las obras necesarias porque alguien no está de acuerdo, entonces la operación conjunta será también ineficaz. Se debe aprovechar la oportunidad de crear un organismo metropolitano, pero no crearlo para que haya un solo operador, sino para que maneje los sistemas hidráulicos desde la etapa de planeación”.^{OHL}

Es necesario “establecer un organismo metropolitano que arranque con la planeación y que tenga tiempo para involucrarse en todos los componentes de los sistemas de agua a fin de que llegue fortalecido a la etapa de operación, incluidos los detalles de instrumentación y financiamiento”.^{OHL} “La evolución del Fideicomiso 1928 está ligada, en primera instancia, a la culminación de la construcción de las grandes obras de drenaje, de las plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales sólo está en construcción la de Atotonilco, con la cual se tendrá un 65 o 70% de cobertura en tratamiento. Las siguientes acciones deben estar dedicadas al abastecimiento y distribución de agua potable. El Fideicomiso 1928, responsable de la construcción, no tendría el tiempo suficiente para dedicarse a esta etapa tan importante que es la planeación; por ello se requiere un organismo metropolitano”.^{RCP}

El financiamiento es de suma importancia porque “se tiene que estimar cuánto cuesta mantener la infraestructura actual para que funcione en los próximos años, cuánto se requiere para operarla —además de establecer el criterio para hacerlo de manera eficaz— y qué presupuesto se requiere para ir incorporando el mayor número de servicios relacionados con el agua”.^{DKF}

“El organismo metropolitano podría llegar incluso a la operación de las redes y al cobro del servicio, lo cual tiene muchas ventajas. Si cada quien administra por su cuenta, no sólo es complejo sino que es inequitativo, debido a los recursos desiguales que se van fincando a distintas partes del territorio; la forma de administración también es compleja porque en el Distrito Federal casi todo está centralizado y en el Estado de México se realiza por ley a través de los municipios. Cada municipio es responsable de prestar los servicios y con los cambios en las administraciones municipales es muy reiterativo capacitar y poner al corriente al personal para que puedan desplegar una buena administración, adquirir conocimientos sólidos, llevar a cabo la planeación y, además, que esas actividades permanezcan en el tiempo”.^{MOG}

“Por ejemplo, ¿cómo se va a disminuir la sobreexplotación del acuífero? Siendo realistas, con un organismo que tenga control de todo podría bajar la sobreexplotación, no hay otra alternativa. Sería un megaorganismo, es complejo, pero a grandes problemas, grandes soluciones”.^{MOG}

“Un organismo metropolitano necesita una reforma constitucional, porque no existe esa figura para darle autoridad y personalidad jurídica, de manera que sea un organismo que se respete, que cobre, que se le pague y que se le exija también. La Constitución debería darle al organismo metropolitano —que sería una autoridad intermedia entre la federación y los estados— las facultades de planeación, construcción y operación de la infraestructura metropolitana en la cuenca del Valle de México. Sin embargo, una reforma constitucional en ese sentido no es nada fácil de asimilar por las instancias políticas actuales, por lo que se ve muy lejana esa posibilidad”.^{GGV}

^{DKF} David Korenfeld Federman
^{OHL} Óscar Jorge Hernández López
^{RCP} Rafael Bernardo Carmona Paredes

^{MOG} Manuel Ortiz García
^{GGV} Guillermo Guerrero Villalobos



ENTE REGULADOR METROPOLITANO

Los servicios públicos son elementos distintivos de la organización socioeconómica y tienen una importancia similar a la de los sistemas monetario, crediticio y educativo. De hecho, la organización de la producción y la magnitud de los asentamientos humanos actuales serían inconcebibles si no existiesen servicios públicos de agua potable y saneamiento eficaces a escala masiva. No obstante, la provisión de esos servicios tiene una marcada vocación para constituir un monopolio natural o legal. Por ello, es importante normar y controlar a los proveedores de los servicios con independencia de si son entes públicos, privados o mixtos.

De esta manera, un servicio público es una institución jurídico-administrativa por medio de la cual el Estado satisface, de manera regular, continua y uniforme, necesidades públicas de carácter esencial, básico o fundamental. Por otra parte, un servicio al público es una institución jurídico-contractual mediante la cual los particulares satisfacen, de manera regular, continua y uniforme, necesidades públicas de carácter esencial, básico o fundamental a través de una concesión, contrato, autorización, licencia o permiso. Es decir, la autoridad administrativa concesiona un servicio público del cual es titular, exigiendo al particular una serie de requisitos legales o contractuales para salvaguardar el interés público.

Los servicios públicos de agua potable y saneamiento son una responsabilidad constitucional de los gobiernos municipales, ya sea que los provean directamente, a través de empresas privadas o mediante asociaciones público privadas. Al ser estos servicios públicos esenciales en la vida moderna, su prestación universal debe ser garantizada mediante normas de derecho público. Por ello, cuando el sector privado participa en la prestación de servicios públicos, puede originarse un conflicto entre el interés público y el privado, debido a que el objetivo principal de las empresas privadas es maximizar sus utilidades y el del interés público es obtener un servicio adecuado al menor precio.

En el caso del Sistema de Aguas de la Ciudad de México no se tiene programado ni se ha propuesto la concesión de los servicios a ningún particular, por lo cual el tema de un organismo regulador pierde sentido. Sin embargo,

puede haber decisiones de carácter metropolitano que hicieran conveniente el implementar un Ente Regulador Metropolitano que apoye la orientación de las acciones de los diferentes actores hacia una meta común. Una decisión que en su oportunidad deberá tomarse. Por el momento dejamos plasmados los comentarios que nos fueron formulados al respecto.

“A fin de despolitizar la parte técnica y económica en el organismo regulador supraestatal, debe existir una comisión reguladora que tenga una visión global para determinar las tarifas, establecer los mecanismos de selección de los servidores públicos involucrados en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, construir indicadores reales para los programas de inversión y que el subsidio de los programas federalizados se radique en donde más deficiencias se tengan”.^{DKF}

Si bien un regulador no tiene injerencia en las asignaciones presupuestales, “su deber es determinar si los organismos operadores cumplen con los parámetros técnicos que establece. El catálogo de lineamientos que emanan de un ejercicio regulatorio orientan hacia la eficiencia económica, que es el principal aspecto de las tarifas, así como la relación del prestador del servicio con el usuario final”.^{DKF} A fin de cuentas, un regulador “sólo verifica que el organismo operador cumpla con los planes establecidos, con independencia de qué es lo que pase en otras regiones del país”.^{ERB}

“Es necesario acordar un pacto metropolitano para darle fuerza a un organismo regulador que busque darle continuidad a las acciones; que conduzca a la prestación eficiente de los servicios de agua y saneamiento; que fije criterios para determinar las tarifas y dotaciones, y que sancione los criterios de diseño y los manuales de uso de materiales”.^{OHL} “El regulador tiene que ser el mecanismo que vincule la toma de la decisión regional de que las tarifas concuerden con los costos reales de la prestación de los servicios, aunque privilegiando en todo momento las capacidades sociales, económicas y políticas de cada región. Cada gobierno decidirá en qué medida es factible fijar una tarifa que cubra el costo por prestar el servicio y de cómo subsidiar el déficit que podría generarse. El ente regulador metropolitano es el que debe dar certeza técnica y económica, en el sentido de que la estructura tarifaria considere todos los factores”.^{DKF}

^{DKF} David Korenfeld Federman

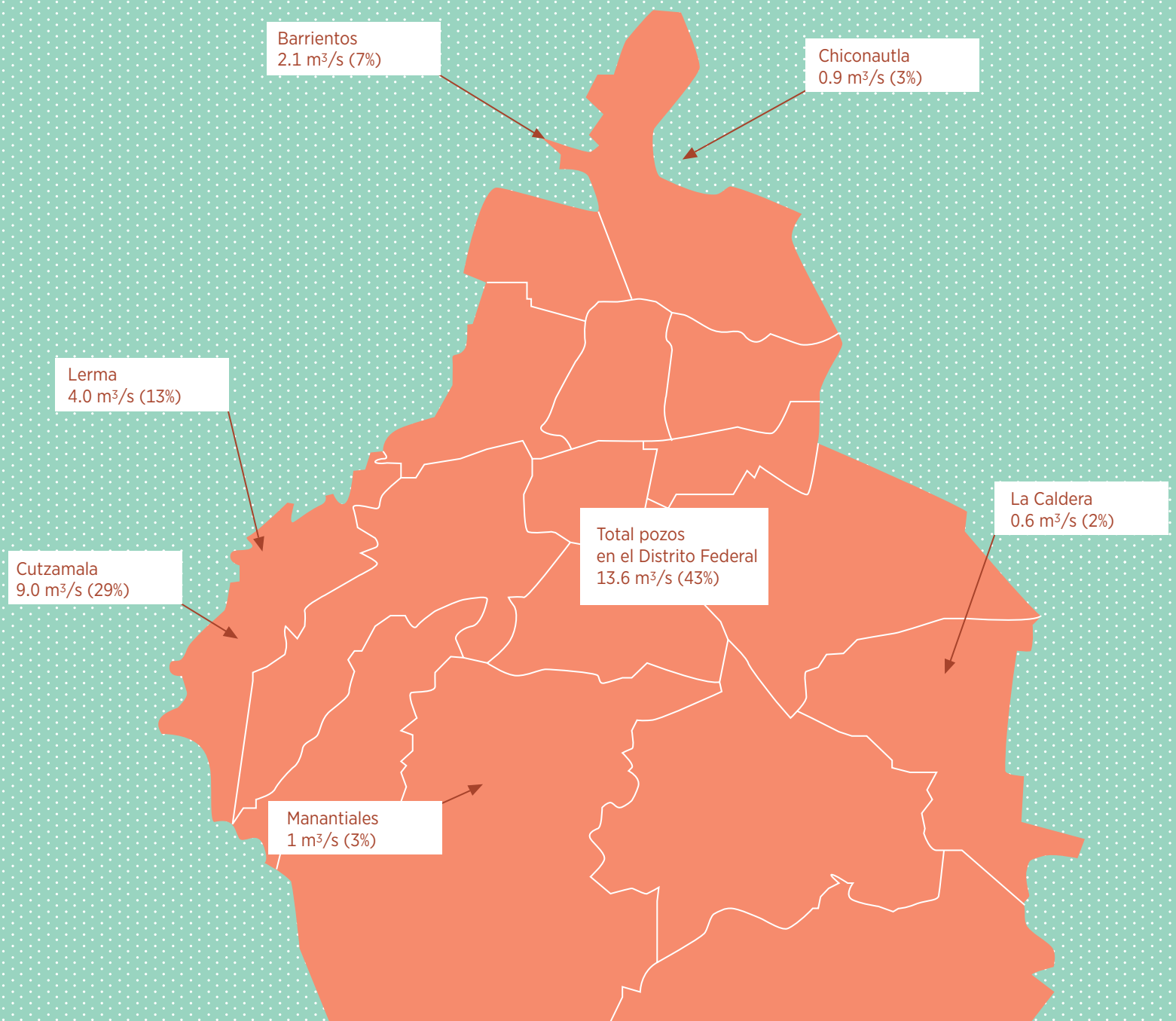
^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño

^{OHL} Óscar Jorge Hernández López

FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, 2012

Total 31.2

Actualizado SACMEX (Promedio a agosto)



AGUA

Habría que reconocer que el tema del agua debe asumirse con criterios fundamentados en la prioridad que este servicio representa para la ciudad y, consecuentemente, darle la importancia que tiene. “Hasta hoy en el tema de agua y ciudad ha habido, en gran medida, desencuentros: no se ha resuelto bien el cómo darle a la ciudad, a su desarrollo urbano, a su crecimiento, el agua en la cantidad y la calidad que se requiere. No hay una buena integración entre política de desarrollo urbano y política hídrica; entonces se resuelve mal, pues de todos modos nos plantamos aquí, de todos modos construimos, en fin, no hay una buena integración en esos campos y tendríamos que desarrollarla”.^{MPC}

“Es necesario revisar toda una serie de conceptos en torno al agua. Por ejemplo, la construcción de un puente puede crear un estrangulamiento que genere una inundación o un encharcamiento, pero no está claro quién es el responsable. Por tanto, debería esclarecerse en quién recae la responsabilidad de las consecuencias hidráulicas por la autorización para construir un puente. El concepto de organismo operador tiene que evolucionar para definir con precisión lo que es el ciclo urbano del agua desde otra perspectiva y comenzar a decir quién es el responsable de qué cosas. Por ejemplo, que va a pasar si ahora se ponen de moda los famosos techos verdes y la agricultura urbana. ¿Qué agua se va a usar?, ¿agua potable? ¿Vamos a hacer agricultura y vamos a cosechar los jitomates en las casas? ¿Quién debería estar atrás de esa política?”.^{BJC}

Debería quedarnos claro que en la Ciudad de México la demanda de agua supera en mucho a la oferta de la naturaleza. La disponibilidad natural de agua en esta gran urbe es del orden de 512.80 mm³/año de aguas subterráneas y de 297.11 mm³/año de aguas superficiales. Con una población de 8'851,080 habitantes, el estrés hídrico resulta de 91.50 m³/hab/año, la más baja de todo el país, incluida la cuenca del Valle de México, cuyo estrés hídrico es de 161 m³/hab/año. No obstante que el Distrito Federal ocupa sólo el 0.08% del territorio nacional, concentra el 17.7% del Producto Interno Bruto.

^{MPC} Manuel Perló Choen

^{BJC} Blanca Jiménez Cisneros

Sin embargo el camino es claro: “estoy seguro de que México será un país líder en el cuidado y recuperación de sus ríos, lagos y acuíferos. Mi convicción se basa en que, por razones históricas, sus grandes ciudades están en medio del continente. El hecho de que la mayoría de las grandes urbes estén sobre las costas, les permite vislumbrar o acometer la construcción de desaladoras frente a la escasez de recursos de calidad, por la creciente contaminación de los ríos que desembocan al mar en sus cercanías. Hoy desalar un metro cúbico (1000 litros), con modernas tecnologías de ósmosis inversa, cuesta medio euro, obteniéndose un agua de alta calidad. Sin embargo, en México, las grandes metrópolis, como el Distrito Federal, no tienen ni tendrán esa opción. Lo más barato y razonable es y será *hacer las paces con sus ríos, lagos y acuíferos*, y por ello, tarde o temprano, lo harán...”.^{PAA}

El abastecimiento de agua potable para el Distrito Federal asciende a 31.2 m³/s, de los cuales 9 m³/s provienen del sistema Cutzamala y 4 m³/s del Lerma, 1 m³/s de los manantiales del Distrito Federal y 13.6 m³/s de pozos que extraen agua del acuífero superior de la Ciudad de México. No obstante, existe un déficit de 1.7 m³/s, debido al crecimiento demográfico —particularmente en las delegaciones Tláhuac, Xochimilco, Cuajimalpa, Tlalpan e Iztapalapa—, las condiciones de la infraestructura hidráulica y la situación geográfica o legal de algunos asentamientos.

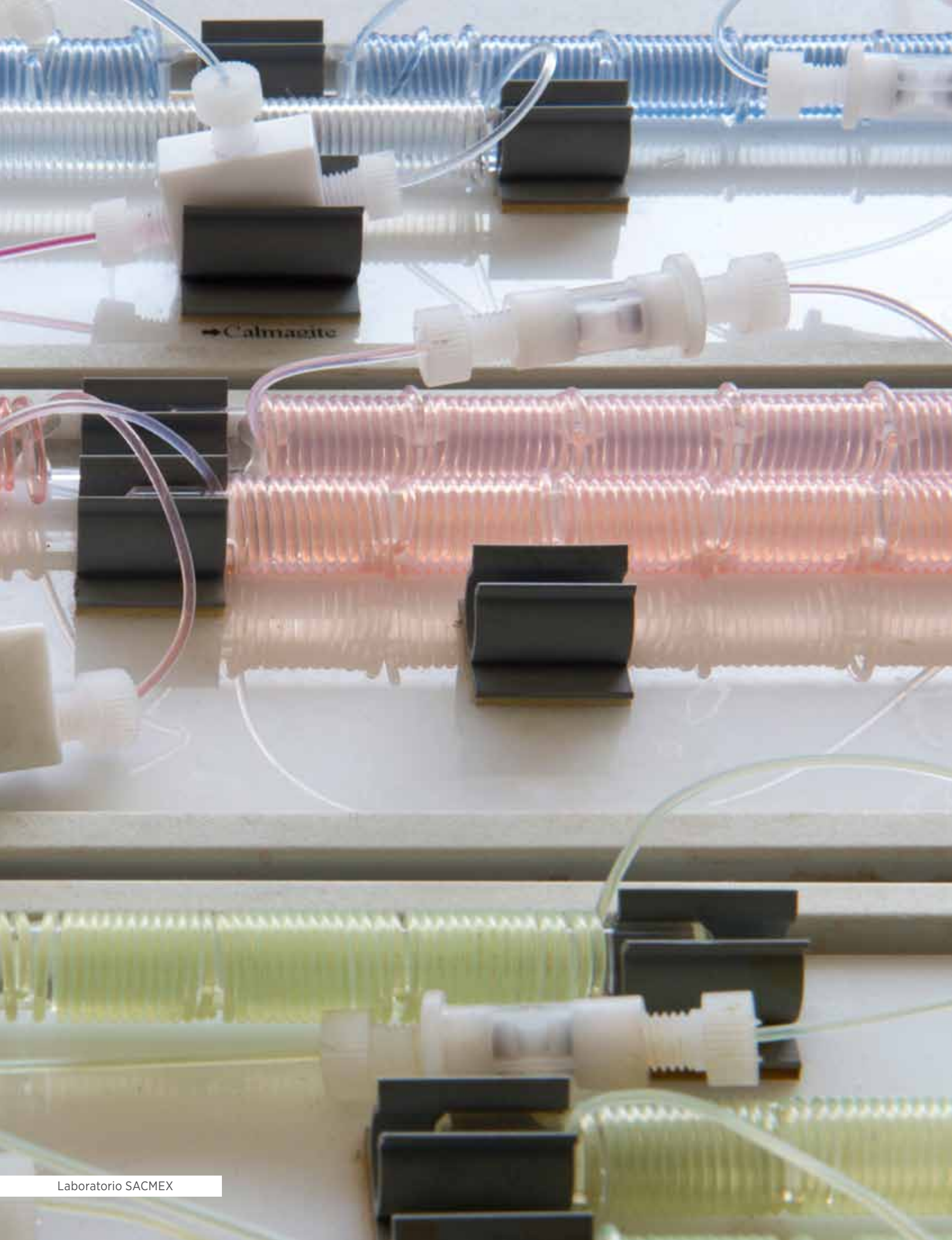
El objetivo del Sistema de Aguas de la Ciudad de México debe ser “prescindir de cisternas, tinacos y tandeos; que toda la población pueda tomar directamente del grifo el agua potable que requiera a cualquier hora y que las redes de distribución siempre contengan agua a una presión mínima de 40 metros de columna de agua”.^{ACV}

Por otra parte, la provisión del servicio público de agua potable en la Ciudad de México está sujeta a múltiples riesgos. Por ejemplo, una crisis puede sobrevenir por “una sequía prolongada, un colapso del sistema Cutzamala o un sismo como el de 1985, en el cual millones de personas sufrieron la suspensión del servicio domiciliario de agua potable”,^{FGV} y se deben prevenir acciones que permitan afrontar esas situaciones.

^{PAA} Pedro Arrojo Agudo

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

^{FGV} Fernando González Villarreal



→ Calmagite

CALIDAD DEL AGUA

Los antecedentes del problema de calidad del agua en la zona oriente del Distrito Federal, principalmente en la delegación Iztapalapa, se deben a una situación que escapaba de la voluntad del gobierno. Mientras que en la zona centro el agua de los pozos es de buena calidad, en el oriente se tienen una serie de minerales y contaminantes que hacen que el agua no sea potable, y “de que no tengas agua, a que tengas que comprar botellas de agua para tomar, pero que tengas para trapear y para el sanitario, ¿qué prefieres? Esa es la lógica que está detrás de la decisión que el gobierno tomó en su oportunidad”.^{BJC}

Para avanzar hacia la cobertura universal de agua potable es necesario alcanzar el 100% de abastecimiento de agua potable en las colonias que tienen suministro diario, lo cual requiere mejorar y ampliar 30 plantas potabilizadoras y construir 18 adicionales, a fin de asegurar que toda la ciudad disponga de agua potable.

A principios del año 2007 cerca de millón y medio de personas de la zona oriente del Distrito Federal requerían de complejos y costosos procesos de potabilización para el agua con que se abastecían. Con las obras desarrolladas durante la gestión de Marcelo Ebrard el problema se abatió sustancialmente y queda pendiente solucionar la calidad del abasto de sólo 350,000 personas. Está claro que la meta es que “toda la gente debería tomar el agua de la llave y tener la seguridad de que es potable, sobre todo las personas de más bajos recursos deberían de tener acceso a un agua segura, porque es la gente que

menos puede comprar botellitas. Para ello se requiere proteger de la contaminación a todas las fuentes de abastecimiento. Asimismo, es necesario revisar la calidad de las fuentes de abastecimiento y adecuar los sistemas de potabilización a las nuevas condiciones del agua”.^{BJC}

“Hoy hay muchas dudas, no sabemos bien en dónde nos encontramos sobre el tema de calidad del agua en la ciudad. Se podría avanzar hacia un organismo distinto al del Sistema de Aguas, que sea el que haga la valoración, el que haga los estudios. Me parece importante tener un sistema muy confiable, en el cual confíen las autoridades y los ciudadanos, los consumidores, sepan en qué sitios sí se puede beber el agua y en cuáles no”.^{MPC}

Por ello “un objetivo fundamental para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México es que cuente con un laboratorio certificado, para que los ciudadanos tengan confianza cuando se diga que se dispone de una cierta cantidad de agua en una zona, pero que no es potable y, por tanto, no se debe beber, ya que los únicos usos que se le puede dar es para lavar patios y regar jardines”.^{BJC}

Por otra parte, cabe hacer notar que el camino para garantizar la calidad del agua a los habitantes de la ciudad es aún más largo que tan sólo construir plantas potabilizadoras, ya que la principal fuentes de contaminación que se tiene son las cisternas y tinacos que prácticamente nunca son saneados por los usuarios, por lo que “si se eliminan los tandeos, se podría prescindir de cisternas y tinacos. Si se quiere garantizar el agua potable, se debe tener suministro continuo y que las personas puedan usarla de manera directa, sin depósitos domiciliarios”.^{ACV}

^{BJC} Blanca Jiménez Cisneros

^{MPC} Manuel Perló Choen

^{ACV} Antonio Capella Vizcaino

MACRO Y MICROMEDICIÓN

En el tema de medición hay un concepto básico: “si no se mide no se puede avanzar, no se sabe hasta dónde poder llegar”,^{FCR} “la medición es indispensable si el objetivo es ser eficiente”.^{FMP}

La medición es fundamental si hablamos de los temas de control de la demanda y de fugas en las redes de distribución, ya que “si no medimos, no tenemos nada, porque ni sabemos qué agua recibimos, ni qué agua entregamos, ni qué agua perdemos”.^{GGV}

Se estima que, del volumen total de abastecimiento, las fugas en la red son del orden del 35%, de los cuales, por supuesto, no pueden reducirse a cero. Un porcentaje aceptable sería reducir las pérdidas a un 20%, es decir se podrían recuperar un 15% del volumen, alrededor de 5,000 litros por segundo, que no es poca agua. Sin embargo, la única manera de saber con certeza cómo se distribuye el agua abastecida es a través de la medición, y “sino se mide no se puede saber cuánta agua se puede recuperar ni de dónde”.^{FMP}

Entonces, para elaborar un balance de agua en la Ciudad de México se requiere medir el agua que se abastece de cada una de las fuentes y la que se distribuye a las diferentes zonas de la ciudad a través de la red primaria. Esta macromedición del agua que va a cada zona permite crear un distrito hidrométrico en el cual se realice la macromedición a la entrada y la micromedición en cada una de las tomas; la diferencia entre el agua introducida al distrito y el volumen del agua registrada en los micromedidores domiciliarios permite determinar la eficiencia o fugas de cada zona. “Se tiene que medir el volumen que entra al sistema, el que se distribuye por diferentes tuberías y lo que se entrega a los usuarios.”^{FMP}

“No se puede pensar en aumentar la eficiencia técnica y financiera sino se controlan las fugas, sino se reduce el desperdicio, es decir, nos falta mucha macro y micromedición, en calidad y en cantidad”.^{LRC}

La medición domiciliaria es básica e insustituible, “hay servicios públicos en donde se identifica al usuario, se puede medir cuánto usa y el usuario tiene control sobre su consumo, como el teléfono, el gas, la electricidad

y el agua. En estos servicios es mucho más eficiente cobrar una tarifa según el uso o consumo basado en la medición”,^{ACV} ya que “si se establece una tarifa fija no habrá respuesta cabal del usuario por la ausencia de un medidor, y tampoco habrá un incentivo para que el usuario cuide el agua. Para que una tarifa envíe una señal clara a los usuarios se requiere de un sistema de micromedición muy detallado y profesional”.^{ERB}

Sólo con la micromedición se puede contribuir a evitar el desperdicio en los domicilios, ya que “las fugas intradomiciliarias, normalmente, deben estar controladas en la medición del gasto a la entrada de la casa”,^{ACV} y “al no estar medida su agua, el usuario no tiene incentivo para usar sólo el agua que necesita de una manera racional”.^{FMP}

“Una cuota fija es injusta e ineficiente. Los medidores son caros pero controlan las fugas intradomiciliarias. Si en una casa habitación hay una fuga y no tiene medidor, el habitante casi nunca la advierte, pero con el medidor aparece un consumo superior al normal y entonces se busca y se repara la fuga, porque nadie está dispuesto a pagar más, sobre todo si las tarifas son crecientes”.^{ACV}

Es obvio que los medidores ayudan a disminuir la demanda y bajar el consumo: “en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se hizo un experimento en el cual se escondía el medidor en una muestra de domicilios. Los usuarios no veían el medidor y ahí estaba registrando cómo consumían, después le poníamos el medidor y definitivamente es otra la actitud del consumidor, nada más por verlo”.^{FAC}

Por otra parte, un problema que dificulta llegar a cifras exactas en los balances proviene de los depósitos domiciliarios: “en las cisternas se puede ajustar un chorrito de agua que proviene de la red, de tal manera que el medidor opere por debajo del gasto mínimo de registro y no contabilice correctamente el volumen”.^{FCR} Adicionalmente, la edad de los medidores también es importante. “Los medidores con muchos años de vida miden hasta 40% menos que los medidores nuevos, por lo que los medidores con más de siete años deben reemplazarse, no repararse. Cuando se habla de agua no contabilizada, no todo son fugas, en ocasiones las fugas son sólo un 5% y un 15% realmente es por micromedición deficiente”.^{FCR}

^{FCR} Francisco G. Cantú Ramos

^{FMP} Francisco Muñoz Pereyra

^{GGV} Guillermo Guerrero Villalobos

^{LRC} Luis Robledo Cabello

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño

^{FAC} Felipe Arreguín Cortés



Medidores para toma de agua potable

SECTORIZACIÓN

Un macrocircuito, sector o distrito hidrométrico es una delimitación y aislamiento hidráulico de una parte de la red de distribución de agua potable, con una fuente de suministro de agua bien identificada y medida.

La sectorización consiste en aislar de la red primaria algunos sectores de la red secundaria, con la finalidad de controlar las presiones en las líneas de distribución y elaborar un balance que permita identificar y determinar el agua que se pierde por fugas, por submedición y por tomas no autorizadas. La sectorización ofrece, asimismo, la posibilidad de instrumentar el control activo de fugas en una forma eficiente, obtener información sobre la cantidad de agua que se no se cobra en cada uno de los sectores y, en general, permite un mejor control sobre la red de distribución al proporcionar un entendimiento más preciso del comportamiento del agua en la misma.

Para establecer un distrito hidrométrico es necesario instalar medidores de flujo a la entrada de cada sector —macromedidores—, con los que se logra conocer el volumen de agua que ingresa a cada zona. También deben colocarse medidores domésticos en el sector —micromedidores—, con lo cual es posible determinar el volumen de agua entregado a cada inmueble para su uso. La diferencia entre el volumen de agua que ingresa al distrito hidrométrico y el que se mide como uso en todos los inmuebles constituye el agua no contabilizada, que incluye fugas, submedición y tomas clandestinas.

“El modelo de sectorización requiere una red primaria que abastezca a una secundaria, de tal manera que la secundaria cuente con válvulas reguladoras para que las presiones no sean excesivas. La primera parte es ¿puedo mantener el agua las 24 horas? Sí o no, dependiendo de las fugas. Pero de esa medición salen todos los elementos de la decisión. Poco a poco se puede ir dejando la red en las condiciones de una buena red de agua potable. Es con-

veniente cambiar las tuberías estimando el volumen que se recupera y la rentabilidad de las inversiones requeridas”.^{ACV}

Los beneficios de elaborar y ejecutar un proyecto de sectorización se dan en la disminución de fugas, ya que:

- Es posible medir la cantidad de agua que se fuga en cada sector.
- Se puede controlar la presión en la red de distribución y con esto disminuir las fugas de agua pequeñas.
- Se habilita la posibilidad de instrumentar el control activo de fugas. Éste consiste en la medición y vigilancia del flujo que ingresa a cada sector durante la noche, en las horas en que el consumo es prácticamente nulo. Cuando este flujo se incrementa puede indicar la presencia de una nueva fuga y es posible enviar a un equipo de detección para localizarla y repararla.

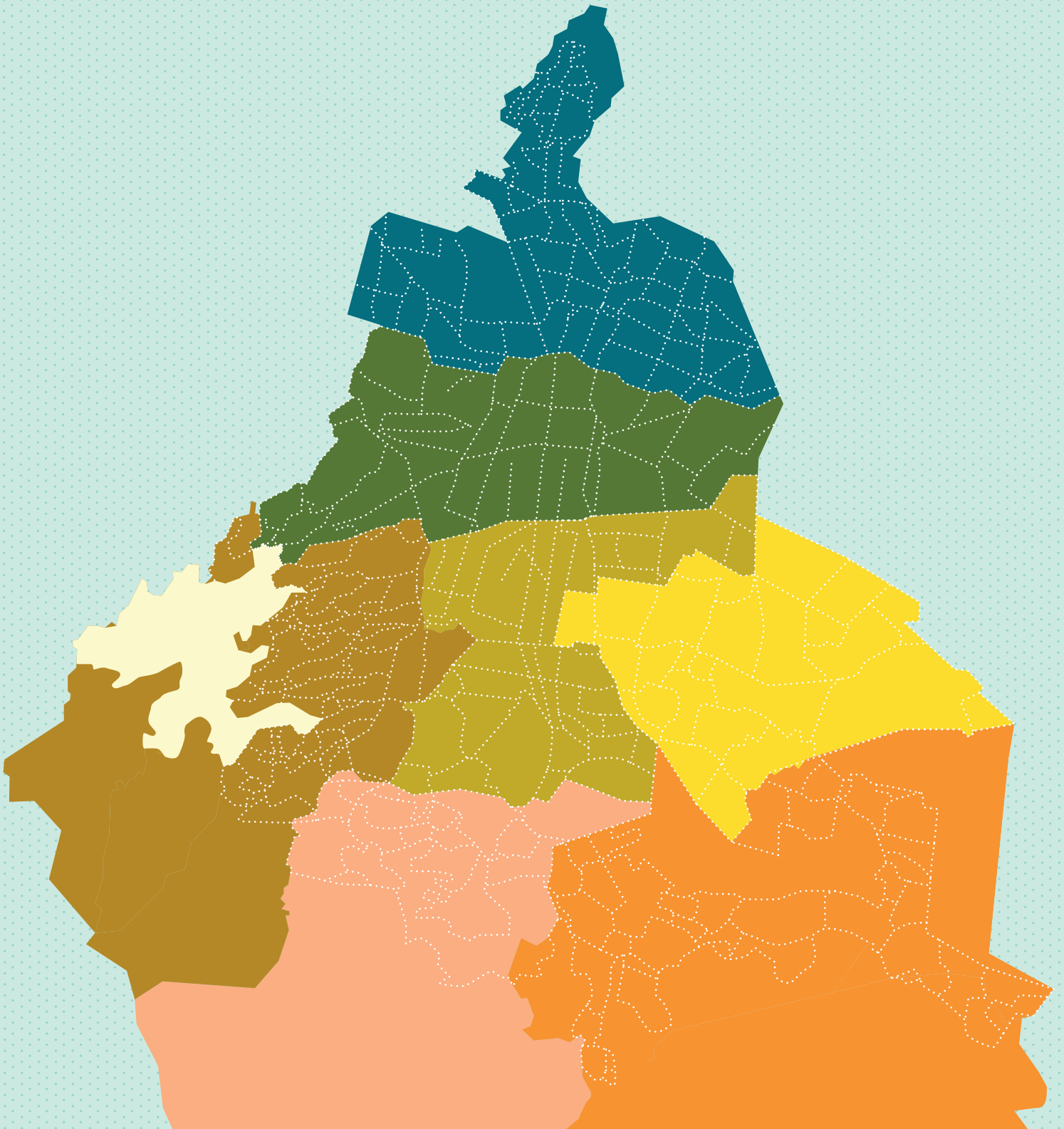
El tamaño de los sectores está limitado únicamente por el gasto disponible de las captaciones de abastecimiento y la capacidad de regulación de los tanques. No existe límite mínimo ni máximo preestablecido encunto al número de usuarios, área o longitud de red. No obstante, en raras ocasiones se desarrollan en áreas superiores a 300 hectáreas o con un número de usuarios superior a 4,000; del orden de 2,500 tomas es un valor bastante común. En la Ciudad de México se han definido 336 sectores, como puede observarse en el mapa de la derecha.

En sectores con diferenciales de cotas mayores a 30 metros es necesario el control de presiones en zonas que excedan el máximo recomendado —por lo general 30 metros de columna de agua o 3 kg/cm²—. Para el control depresiones altas se recomienda el uso de válvulas reductoras de presión automáticas, las cuales deben ubicarse en un punto óptimo donde tengan la mayor área de influencia y requieran la menor obra posible.

Lo más importante de los proyectos de sectorización es que se basen en las zonas de influencia de los tanques y de las redes. Romper el funcionamiento natural de la red con la sectorización no sólo encarece el proyecto, puede en ocasiones hacerlo inoperante y por lo mismo inviable.

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

PROYECTO MACRO Y MICRO SECTORES



FUGAS

Todas las redes de distribución de agua presentan fugas, ya sea por la fatiga estructural de tuberías, piezas especiales o tomas domiciliarias; por tubos y conexiones de materiales inadecuados; por mano de obra deficiente; por tránsito vehicular pesado; por movimientos de suelos, y por la presión en la red. En una urbe tan grande como la Ciudad de México hay millones de conexiones y cada una representa una probabilidad de fuga.

Pero en la eficiencia en el manejo de agua en las redes está gran parte de la solución: “estoy convencido que el problema central por resolver en la Ciudad de México es contar con un programa —hay que planearlo para que sea eficaz—, de arreglo de la infraestructura, de los tubos, para bajar las fugas, reducir la extracción del agua de los pozos e incidir en los hundimientos, pero además, para tener una buena distribución, para tener agua todo el tiempo, agua de buena calidad. Recomiendo hacer un programa eficaz de eliminación de fugas, de reposición de tubos o detección y reparación de fugas, una combinación de las dos cosas”.^{ACV}

“Y está claro que el mejor modelo de trabajo para alcanzar la eficiencia física en las redes de distribución de una ciudad se basa en un programa de reparación y rehabilitación de tuberías sustentado en la sectorización de la red y la evaluación de la eficiencia de cada uno de los distritos hidrométricos”.^{FCR}

Ahora bien, las fugas se clasifican en dos tipos:

- Fugas visibles. Son aquellas fugas puntuales que llegan a escurrir por la superficie y la población las reporta cuando aparecen.
- Fugas no visibles. Son puntuales y sólo se pueden detectar buscándolas mediante equipos especiales y, como no surgen, nadie las reporta.

Las fugas pueden representar un gran porcentaje de las mermas de agua en un sistema. Estas fugas, que se presentan en las tuberías, se comportan como lo hace el caudal de agua que sale de un orificio, es decir, en proporción a la raíz cuadrada de la carga de presión en el sitio de la fuga. Por ello, al menos teóricamente, si en una red hidráulica se aumenta la presión promedio de 1 a 3 kg/cm², la cantidad de agua que se fuga se incrementaría en un 73%.

Sin embargo, “la experiencia en varias ciudades mexicanas demuestra que la relación entre el caudal que se fuga y la presión promedio de una red es proporcional a la presión media, de tal manera que si se aumenta la presión promedio de 1 a 3 kg/cm², la cantidad de agua que se fuga incrementaría un 200%. Esto se debe principalmente a que “una parte significativa de los componentes por donde se presentan fugas en la red son flexibles y en éstos el área de los orificios depende de la presión que se tenga en la red, esto es, a mayor presión, mayor será el área disponible para que el agua se fugue”.^{ACV}

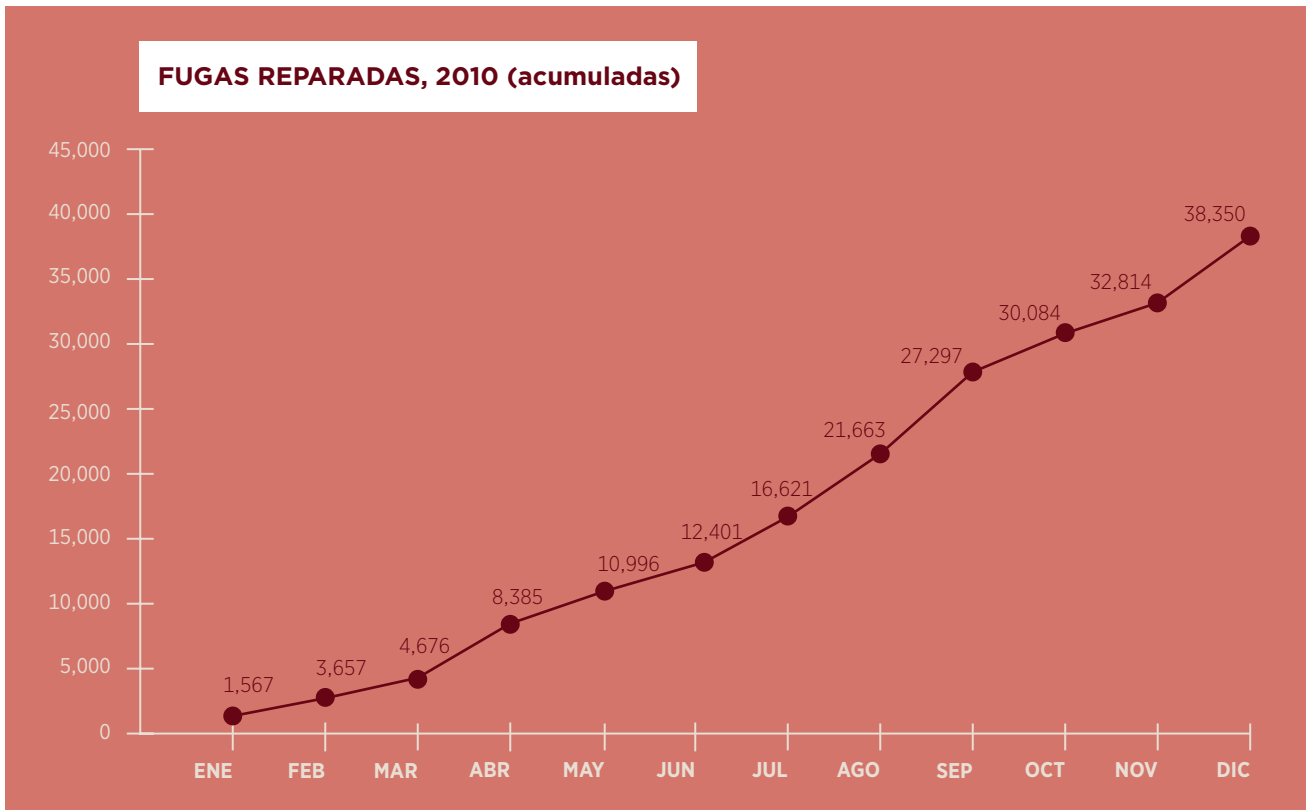
“Cuando los tubos están rotos, la operación usual es bajar la presión para disminuir las fugas, ya que éstas se presentan en función de la presión; el uso del agua es casi independiente de la presión. Después de reducir la presión, el siguiente paso es realizar tandeos porque no hay agua suficiente para mantener fugas las 24 horas. Con el tandeo se ahorra agua y a veces se tiene la impresión de que la gente usa menos, y quizá influya un poco, pero fundamentalmente el ahorro se da porque si no hay agua en los tubos, no hay fugas. Si una zona se abastece durante seis horas, en 18 horas no hay fugas”.^{ACV}

“Pero los tandeos, a su vez, inducen un círculo vicioso porque una red con suministro intermitente tiene una frecuencia de roturas diez veces mayor que con abastecimiento continuo. Esa forma de operar, obligada por el desgaste de los tubos, acelera su deterioro, y mientras más baja es la presión, cada vez hay más zonas con tandeo. Por tanto, es necesario evadir ese círculo vicioso y establecer un programa de reparación y reposición de tubos con una estrategia que permita una distribución eficaz”.^{ACV}

“El costo de reposición de tuberías es del orden de \$150,000 dólares/km. Cambiar 4 mil kilómetros de tuberías en seis años requiere una inversión de \$100 millones de dólares por año. Ese monto es considerable con respecto al presupuesto del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, pero si se compara con el tamaño de la economía del Distrito Federal, es una proporción mucho menor. El gasto es de \$158/hab/año, cantidad muy inferior a lo que se destina a bebidas edulcoradas y agua embotellada”.^{ACV} “Si no se resuelve el problema de las fugas, cualquier otra inversión resulta insuficiente o francamente inútil. Es más, bajo las condiciones actuales de la red, el volumen de agua que la gente ahorre en sus domicilios tiene un destino manifiesto que es aumentar las fugas”.^{ACV}

^{ACV} Antonio Capella Vizcaino

^{FCR} Francisco G. Cantú Ramos



EL DERECHO HUMANO AL AGUA

El 8 de julio de 2010 la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas reconoció —con el antecedente de que la contaminación o la falta de agua es una de las principales causas de mortalidad en los países más pobres— el acceso al agua potable como un derecho humano básico. La resolución indica que cada Estado tiene la obligación de realizar progresivamente el derecho al agua y saneamiento hasta el máximo de los recursos de que disponga. Se exige a los Estados que avancen con plena eficacia hacia ese objetivo de la forma más rápida y efectiva posible, en función de los recursos disponibles y en el marco de la cooperación y la asistencia internacionales, en caso de ser necesario.

El acceso al agua y saneamiento debe ser asequible y no debe comprometer la capacidad de financiar otras necesidades esenciales garantizadas por los derechos humanos, como la alimentación, la vivienda y la atención a la salud. Esto es, se requiere garantizar el acceso efectivo, ya que la posibilidad física de acceso, por sí sola, no

basta cuando las personas no pueden pagar servicios costosos de agua y saneamiento.

Por tanto, la relación entre la pobreza y el servicio de agua potable y saneamiento implica que la ausencia de este derecho humano básico no es sólo un asunto de falta de tecnología, recursos financieros e infraestructura. Se trata de una cuestión de establecimiento de prioridades, de un equilibrio entre las relaciones sociales de poder y de un problema relacionado con la pobreza y con las desigualdades.

El 8 de febrero de 2012 se adicionó el párrafo sexto al artículo 4º constitucional, en el cual se estipula que “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.

En todo caso, “si, tal y como establece Naciones Unidas una cuota básica de agua potable y de servicios básicos de saneamiento es un derecho humano, a nadie se le puede negar aunque no pueda pagar. Pero ese argumento, vinculado al espacio de los derechos humanos, no puede generalizarse”.^{PAA} Sin embargo, “la pregunta relevante es si ese derecho de agua está dirigido sólo a las necesidades básicas o incluye el dispendio o incluso los usos suntuarios”.^{ANR}

“Lo más importante del agua en relación con otros recursos naturales renovables no es su materialidad, H₂O, sino las funciones que desempeña. El agua que se requiere para una vida digna y saludable, tiene una categoría ética superior al agua que se necesita para llenar una piscina, regar un campo de golf o incluso para regar una explotación de 100 hectáreas de alfalfa”.^{PAA}

Una posibilidad para hacer compatible el derecho humano al agua con un consumo responsable, es que todo usuario o consumidor pague el costo total de la provisión de los servicios —sin excepciones y menos para oficinas públicas—, y que sólo para aquellos que no puedan fehacientemente solventar los precios resultantes, se cubra el importe de su dotación básica mediante subsidios —cruzados o directos— y que el volumen en exceso lo paguen a la misma tarifa que el resto de los usuarios.

La realización del derecho humano al agua no necesariamente incluye un servicio domiciliario, su cristalización a distancia accesible debe ser suficiente, ya que “garantizar, cuando menos, una fuente pública, potable y gratuita, cerca de la casa de todos y todas, como garantía de acceso al agua potable (derecho humano), debe ser prioritario a asfaltar e iluminar las calles o a construir carreteras y autopistas. Nadie va a llenar su jacuzzi o su piscina con el agua de la fuente pública, aunque sea gratuita; pesa demasiado...”.^{PAA}

En consecuencia, es necesario buscar mecanismos eficientes de subsidio directo para apoyar a la gente que no pueda pagar una cantidad básica de agua. El derecho humano al agua tiene que ser subsidiado y “no se tiene reglamentado quién va a cubrir ese subsidio ni la magnitud que puede representar. Los mecanismos de subsidio deben resolverse, ya que si los operadores no cortan el servicio no tendrán suficiencia financiera. La buena voluntad de pago tiene cierto efecto, pero si a los usuarios morosos no se les corta, no se les restringe el servicio o se les encausa legalmente, no pagan”.^{FMP}

Ahora bien, “disponer de buenos servicios domiciliarios de agua potable y saneamiento, 24 horas al día, va más allá del ámbito de los derechos humanos. Sin embargo, este tipo de servicios son imprescindibles para garantizar una

calidad de vida que debe ser accesible hoy a todos, ricos y pobres. Por ello, estos servicios domiciliarios deberían considerarse como derechos ciudadanos. A diferencia de los derechos humanos, que no tienen “deberes humanos” correlativos, los derechos de ciudadanía si están vinculados a deberes de ciudadanía. Gestionar esos derechos y deberes, desde la lógica del interés general y sin ánimo de lucro, constituye un reto de gestión pública en el que la ciudadanía debe involucrarse. Una buena gobernanza de este tipo de servicios exige promover nuevos modelos de gestión pública participativa en los que la ciudadanía participe de forma efectiva, tanto en el diseño y seguimiento de sus derechos, como de sus deberes. Será fundamental construir un sistema tarifario que garantice la financiación de unos servicios, al tiempo, de calidad y de acceso universal, promoviendo criterios justos de redistribución de costes. Un sistema de tarifas crecientes, por bloques de consumo, permite generar subvenciones cruzadas, de los más ricos hacia quienes menos tienen”.^{PAA}

CONSUMO

Cuánta agua requieren las personas para satisfacer sus necesidades es todo un tema, ya que una persona puede darse una ducha con tan sólo 20 litros o utilizar 260 en el mismo proceso.

El SACMEX realizó un estudio de las necesidades de una persona bajo tres condiciones. La primera fue el análisis del agua que se consume con un servicio “normal” y sin accesorios ahorradores, donde el resultado fue de 307.3 litros por habitante al día. Después se hizo el mismo ejercicio utilizando accesorios ahorradores y con una cuidadosa utilización del agua, en este caso 96.5 litros fue suficiente. En el tercer ejercicio se utilizó o más bien se abusó del agua y el consumo se elevó a 573.5 litros, por supuesto sin accesorios ahorradores. Los detalles se muestran en la tabla del lado derecho: Como puede observarse, el uso responsable del agua puede reducir la demanda “normal” en un 68%, mientras que un uso negligente puede subir arriba de un 87%. Por supuesto que la diferencia es notable y el lograr disminuir el consumo de agua en la ciudad es una contribución indispensable para resolver el tema de un abastecimiento sustentable. “El potencial de ahorro es enorme. En vez de incrementar el abastecimiento se requiere racionalizar el consumo actual y administrar la demanda. Si se logra consumir la mitad con el volumen de agua actual sería suficiente”.^{LGG}

^{PAA} Pedro Arrojo Agudo

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

^{FMP} Francisco Muñoz Pereyra

^{LGG} Luis Manuel Guerra Garduño

^{JCL} Julia Carabias Lillo

USO NEGLIGENTE, NORMAL Y CUIDADOSO DEL AGUA EN LOS DOMICILIOS (l/hab/día)

Uso	Uso negligente	Uso normal sin reductores	Uso cuidadoso con reductores y buenos hábitos
Inodoros	36	24	18
Lavado de dientes	16.5	10.5	0.5
Lavado de manos y cara	29.3	22	6
Rasurarse	38.5	21	1
Ducha	264	132	20
Lavado de utensilios de cocina	82.5	31.5	15
Limpieza general de casa	35.85	21.28	8
Lavado de ropa	40	28	20
Lavado de patio y áreas verdes	30.85	16.98	8
Totales	573.5 < +87%	307.26 -68% >	96.5

Aún más, “como se usa mucha más agua que la disponible de manera natural, un primer paquete de acciones debería estar enfocado para cuidar el acuífero y retroceder el usufructo de las cuencas ajenas”.^{JCL} En el caso de la Ciudad de México, reducir la demanda con una combinación que implique ser eficiente con el tema de las fugas y con el consumo de la población, representa más de la mitad de la solución al problema del abastecimiento. “El agua potable es un problema muy complejo porque es interdisciplinario, multidisciplinario, multifactorial y transversal, pero una comprensión profunda del problema indica que las dos variables importantes son las fugas y el volumen de consumo”.^{ACV} Se considera que un uso racional obedece a los parámetros indicados en la anterior, en donde se observa que los ahorros pueden ser sumamente importantes. “Medir es una responsabilidad del operador y de los usuarios: el operador promueve el uso sostenible de los recursos hídricos y el usuario usa y consume el agua de acuerdo con su capacidad económica. Cuando no se mide se desperdicia el agua y, al tener un medidor, se incentiva el ahorro de agua”.^{FMP}

También es necesario cambiar los hábitos, ya que “pequeños caudales multiplicados por millones de habitantes suman enormes volúmenes de agua”.^{ANR} “El desperdicio de agua en las casas tiene un potencial de reducción del 50% en el consumo”.^{LGG} “El ahorro va aparejado con un costo real, porque el ahorro debido a la conciencia ecológica abarca a una minoría de la población, pero si afecta el ingreso entonces lo entiende todo

el mundo”.^{ANR} “La solución implica cambiar los patrones de consumo y los hábitos. Si bien es necesario garantizar la gratuidad de un volumen de agua para la subsistencia, el excedente debe ser muy caro”.^{JCL}

“En relación con la cultura del agua, debería retomarse el Programa de Uso Eficiente del Agua, instrumentado con anterioridad en el Distrito Federal, que impulsaba a los niños a convertirse en inspectores del agua y se les daba un premio si reportaban fugas o si informaban acerca de la gente que despilfarraba el agua. La acción se desplegaba en las escuelas y en los barrios. Es una gran omisión que en los libros de texto no se aborde el tema de la cultura del agua”.^{JSS}

“En la mayor parte de las instalaciones domésticas no se tienen regaderas, sanitarios ni llaves de bajo consumo. Sólo con estos tres elementos se puede ahorrar un volumen significativo, independientemente del reciclamiento de agua que puede hacerse en las casas. Hay que llevar el consumo de la Ciudad de México al mínimo posible, sólo para satisfacer las necesidades básicas”.^{FMP}

Es claro que antes de pensar en traer agua de otras cuencas deben agotarse las posibilidades locales, y el tema del consumo en el caso de la Ciudad de México, donde es altísimo, debería estar en el primer lugar de la agenda, ya que “no debe abordarse el abastecimiento del agua con el enfoque de los años cincuenta, en el sentido de que si se necesita más agua pues se trae más agua. Cualquier acción para surtir agua a la Ciudad de México debe emprenderse junto con el uso racional. Para ello es ineludible fomentar el ahorro, aplicar tarifas ascendentes y una campaña de concientización”.^{ANR}

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

^{FMP} Francisco Muñoz Pereyra

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

^{LGG} Luis Manuel Guerra Garduño

^{JCL} Julia Carabias Lillo

^{JSS} Jorge Saavedra Shimidzu

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La captación de agua de lluvia, como la fuente de abastecimiento futura de la ciudad y que hasta ahora no hemos sabido aprovechar, ha sido y seguramente seguirá siendo un tema de polémica, porque “a todo mundo le suena bien, y es que hay en todo esto una especie de ilusión óptica... cuando llueve mucho pues es un montón de agua y se inunda por aquí y por allá, y eso genera la sensación es que hay muchísima agua que se podría aprovechar”.^{ACV} Sin embargo, cuando se analiza la alternativa a profundidad se encuentran elementos que escapan de una primera visión del asunto: la infraestructura necesaria para captar esa agua sería muy costosa y estaría desaprovechada un 98% del tiempo; el volumen por captar es muy pequeño “cuando divides esos volúmenes de agua que llovió entre los segundos del año, es insignificante...”,^{ACV} y además se involucra un problema serio de mala calidad del agua “el agua que llueve en las calles está llena de patógenos, de aceite, de grasa, de un sinnúmero de contaminantes, es agua que no sólo no se puede potabilizar para darla a la gente, incluso es inconveniente para recargar el acuífero”.^{RDM}

“Cuando se aborda el problema del Valle de México y uno dice que el agua de lluvia no es la solución, me han llegado a decir que estoy cerrado a ideas nuevas... ¿el agua de lluvia es idea nueva? Hay que ir a cualquier ruina arqueológica, hace 2 mil años por lo menos y no sé si los sumerios en la parte norte de Mesopotamia lo hicieron hace 4 mil años... ¿cómo que es una idea nueva?”.^{ACV}

De hecho, el aprovechamiento del agua de lluvia se realiza en un sinnúmero de ciudades en el mundo. El tema de aprovechar el agua de lluvia, que por cierto es parte del ciclo hidrológico, no es la discusión, sino el cómo y dónde se va a captar. Si es mediante presas, lagos, lagunas, ríos, manantiales, se trata con un sistema de abastecimiento convencional. El problema es cuando se pretende captar el agua de lluvia que cae en la ciudad, ahí las alternativas son muy limitadas, y de ese tipo de captación de agua es de la que hablamos en este capítulo.

“En ningún país del mundo el agua de lluvia es una fuente de suministro significativa, que tenga alguna importancia, en ninguna ciudad. Hay unos cuantos proyectos, por ejemplo en una zona de Berlín, otro que se hizo en

Texas, otros en algunas pequeñas localidades africanas y en algunos pueblos hondureños, pero en ninguna ciudad importante del mundo captar el agua de lluvia es una fuente significativa de suministro”.^{ACV}

“El problema de captar el agua de lluvia directamente en los techos de las casas habitación tiene una temporalidad reducida, básicamente es para la época de lluvias. Para ir más allá sería necesario almacenar el agua que llueve en cinco meses para usarla en siete, lo cual, por su alto costo, es más un mito que una posibilidad real”.^{ANR} “La cuenta es así de fácil: digamos que son casi siete meses que no llueve y que el consumo familiar fuera de 400 litros diarios... para 200 días que no llueve se requieren 80 metros cúbicos de almacenamiento en el domicilio, y más aún, se necesitarían 250 metros cuadrados de superficie para captar esa agua, que es mucho más superficie que el común de las casas... entonces, eso, sumando con las inversiones necesarias, pues es impracticable”.^{ACV}

“Por dar algunas cifras, así como solución generalizada, para tener una idea. En dos millones de edificios, la inversión para captar agua de lluvia estaría en el orden de magnitud de los 30 mil millones de pesos, pero además se tiene el problema de que no te resuelve el estiaje, y estaríamos hablando de un gasto medio anual del orden de tan solo unos 2.5 metros cúbicos por segundo. Sin duda la Ciudad de México tiene muchas más y mejores alternativas para conseguir ese volumen de agua”.^{ACV} “La mejor estimación que podemos hacer con la información existente es que un proyecto de aprovechamiento de agua de lluvia se podría llevar a cabo en unas 70 mil casas, de las cuales 35 mil sería en la zona semi-rural del sur y surponiente de la ciudad, donde no se tiene red, y otras 35 mil que, aun teniendo red, no reciben un suministro de manera regular. Pero además sería una solución que de todas maneras se tendría que reforzar con pipas para dar agua en temporadas de estiaje”.^{ACV}

Esta posibilidad de promover la captación de agua de lluvia en los techos de unas 70 mil casas, como la única aplicación razonable para su aprovechamiento, tendría una contribución mínima al tema de abastecimiento de la ciudad, menor a un 5% y su mejor utilidad sería en las zonas donde llueve más: las delegaciones Magdalena Contreras, Cuajimalpa y el Ajusco medio, en Tlalpan. Implementar el programa en las zonas con problemas de

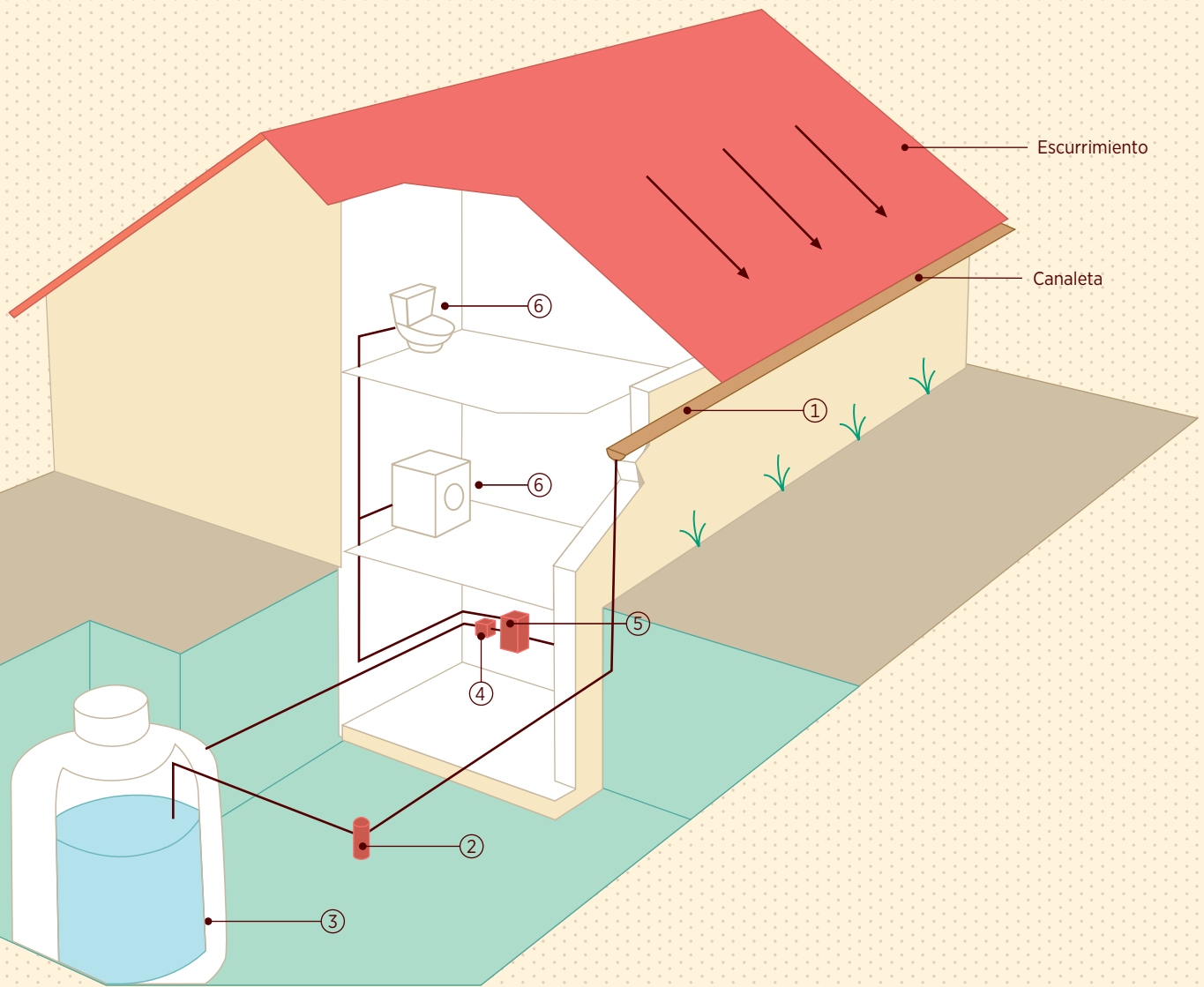
^{ACV} Antonio Capella Vizcaino

^{RDM} Ramón Domínguez Mora

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

APROVECHAMIENTO DEL AGUA PLUVIAL

- 1 Captación
- 2 Filtro
- 3 Regulación y almacenamiento
- 4 Equipo de bombeo
- 5 Equipo hidroneumático
- 6 Reúso



abastecimiento contribuye a mejorar el servicio donde éste es más agudo y la solución vía red es técnicamente complicada, en tanto se resuelve el evitar tener que regresar a las pipas durante el estiaje.

No obstante, se considera positivo legislar que en los nuevos desarrollos se implementen esquemas de aprovechamiento del agua de lluvia, ya que con ello se contribuye en dos sentidos; por una parte se disminuye el consumo de agua potable con instalaciones incluidas en el diseño original de los conjuntos habitacionales, y por la otra, se disminuye el impacto y mayor concentración de aguas de lluvia que saturan el sistema de drenaje.

Por otra parte, para el aprovechamiento del agua de lluvia de la zona urbana se confirma la problemática derivada del tema de su elevado costo y baja rentabilidad, aunado con el tema de la calidad del agua: “hace como unos 15 años, cuando Walmart compró la organización Aurrerá, hicieron muchas cosas, es una empresa seria y querían ir un poco más allá. La propuesta que en ese entonces se hizo fue que en todos los estacionamientos de los supermercados se captara agua de lluvia. Hicimos un primer ejercicio en un Aurrerá que estaba en la salida a Toluca, por El Yaqui, pero se decidió que ya no se infiltrara porque la calidad del agua era terrible, tenía enormes cantidades de aceites y sólidos en suspensión”.^{LGG}

Analizando otras posibilidades, tampoco se ve viabilidad a generar reservas que capten y almacenen el agua: “pretender aprovechar el agua de lluvia mediante presas o lagunas no resulta sencillo, pues en la Ciudad de México no existen las condiciones topográficas para emplazar esos almacenamientos”.^{RDM}

Al parecer, la mejor, más efectiva y económica opción es generar condiciones en la zona no urbanizada para incrementar la filtración de agua al acuífero. “El ejemplo que tenemos es la Cuenca de San Bernabé, en el oriente de la ciudad, donde la Comisión del Lago de Texcoco estuvo trabajando muchos años en conservación de cuencas,

haciendo presas de gaviones, terrazos, reforestación, etc., pero no fue claro qué tanto ayudó a aumentar la infiltración debido a que no se tienen las mediciones, lo que sí se detecta muy claramente es cómo disminuyeron los gastos máximos anuales del río San Bernabé, por lo que consecuentemente hubo una mayor infiltración al acuífero”.^{ACV}

“Es conveniente desarrollar proyectos de presas y presas de gaviones, terrazos para controlar la erosión de los suelos y disminuir la velocidad en la montaña, o sea, que no llegue hasta la parte de abajo porque ya llega con mucha velocidad, arrastrando muchos sólidos y con eso tenemos un control mejor de las grandes avenidas y eso no sé en qué porcentaje, pero seguramente es 2-3% de lo que se requiere de recarga y así ir avanzando, hacer un estudio integral, que evalúen realmente desde el punto de vista hidrológico toda la parte de posibilidades de recarga, que tengamos la posibilidad para decidir qué es lo que hay que hacer”.^{LGG}

“Por ejemplo, habría que retomar el caso de construir los vasos reguladores o las presas en la zona del Ajusco. Eso permitirá infiltrar, en forma segura, agua limpia, el que tengamos la capacidad de disminuir un poco la velocidad de bajada del agua, que es uno de los problemas, no solamente el volumen, sino la velocidad con la que baja”.^{LGG}

Cabe destacar la importancia que reviste evitar la invasión al suelo de conservación que es la real oportunidad de incrementar la infiltración y aprovechar con ello el agua que llueve, además, donde más llueve. “El reto es frenar el crecimiento de la superficie urbana impidiendo su expansión en el suelo de conservación y, sobre todo, en zonas de infiltración del acuífero”.^{ACL}

Finalmente, la opción de los pozos de absorción o infiltración, que “tienen valor en la medida que representan una solución local para el tema de encharcamientos e inundaciones, porque, nuevamente, si hacemos un análisis del agua que en realidad se llega a infiltrar, su participación en la recarga es muy reducida”.^{ACV}

^{LGG} Luis Manuel Guerra Garduño
^{RDM} Ramón Domínguez Mora

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno
^{ACL} Alfonso Camarena Larriva

POZO PROFUNDO

Desde que se terminó el proyecto Lerma en los años cincuenta del siglo pasado, la Ciudad de México ha requerido de fuentes externas para complementar su abastecimiento. Las fuentes locales que tradicionalmente se han aprovechado tienen un potencial negativo si consideramos el tema de la sustentabilidad.

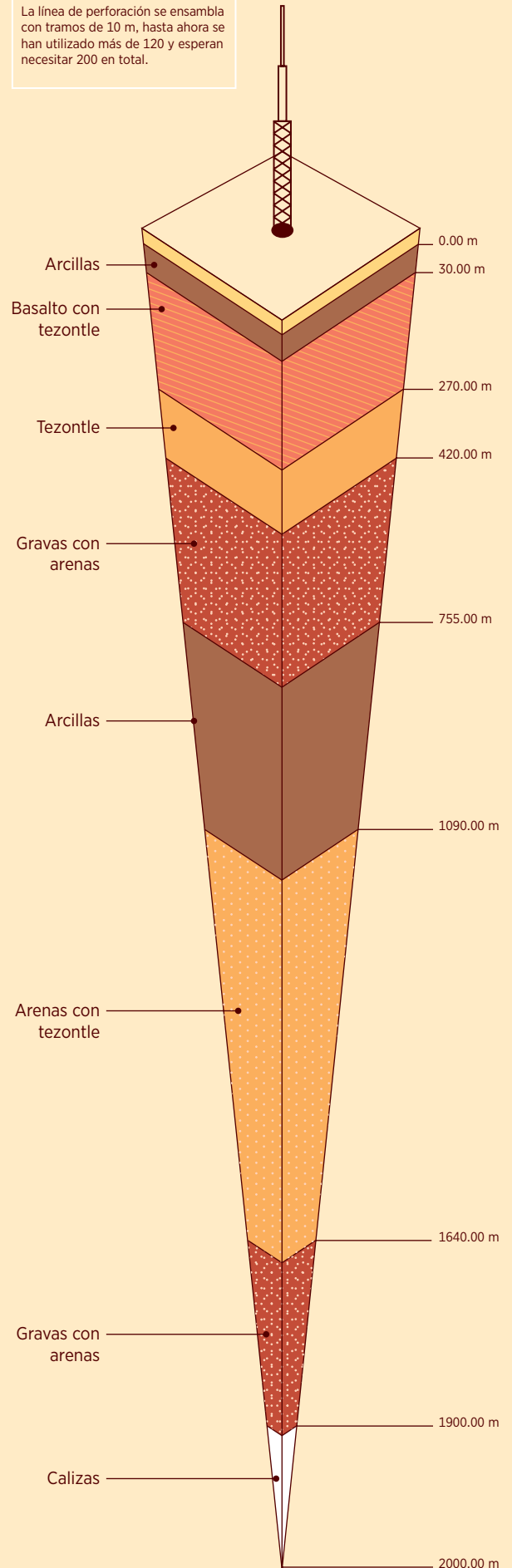
Hasta ahora se han explotado las cuatro fuentes locales factibles: la extracción de agua del acuífero donde se tiene una acentuada sobreexplotación; la utilización de agua superficial, aprovechando las aguas del río Magdalena, el único río vivo de la ciudad; agua de manantiales que afloran principalmente en Cuajimalpa, Magdalena Contreras y Tlalpan, y muy limitadamente en algunas zonas se aprovecha el agua de lluvia por familias que la captan en el techo de sus casas.

En la primera fuente, el acuífero superficial, tiene como reto el encontrar mecanismos para eliminar la sobreexplotación y reducir la extracción de agua en aproximadamente la mitad; el agua del río Magdalena se aprovecha al máximo posible mediante la captación de agua en dos puntos y con la terminación de la planta de tratamiento en proceso se podrá incrementar un poco más, ya que el gasto ecológico vendrá de esta infraestructura actualmente en construcción; en el caso de los manantiales se cuenta con proyectos para aprovecharlos aún más en algunas temporadas del año donde aumentan su caudal, se trataría de infraestructura que no operaría al máximo todo el año, pero que cuando lo haga permitirá un mejor aprovechamiento del agua y, finalmente, tal como ya se comentó en el punto anterior, el agua de lluvia, que aunque sí se puede incrementar su aprovechamiento, éste tiene alcances muy limitados.

Al parecer, aún mejorando en todos los renglones de un eficiente manejo y consumo del agua en la ciudad, es necesario encontrar nuevas fuentes de abastecimiento.

POZO PROFUNDO

La línea de perforación se ensambla con tramos de 10 m, hasta ahora se han utilizado más de 120 y esperan necesitar 200 en total.



Bajo ese escenario, es fundamental y estratégico buscar la mayor autonomía hídrica posible al Valle de México y en particular a la Ciudad de México. Traer agua de otras cuencas representa un problema mayor en lo social, político y ecológico, mucho más allá de los costos económicos implicados.

“Sabemos que debajo de la Ciudad de México, a 1,500 o a 2,000 metros de profundidad hay calizas, las cuales son del cretácico medio. Es sumamente importante determinar el potencial de estas calizas porque representan la última fuente factible de abastecimiento para la ciudad y sólo perforando podemos tener la certeza. Este acuífero es el profundo, interesa ver si hay posibilidad de sacar algo de agua de ahí, como una última alternativa antes de pensar en otras cuencas”. ^{FMH}

Basados en consultas con expertos, donde destaca el ingeniero Federico Mooser como el geólogo que mejor conoce el Valle de México, con especialistas del Instituto de Geología de la UNAM, así como de la CONAGUA, se tomó la decisión de iniciar un proyecto especial, único en el mundo, y que en caso de tener resultados positivos sería altamente beneficioso.

Se trata de un pozo a gran profundidad con fines de abastecimiento de agua perforado dentro de la propia Ciudad de México, que no pretende extraer agua del primer acuífero —ubicado en los primeros 750 metros de profundidad—, sino encontrar el potencial real del segundo acuífero de vulcanitas —que se encuentra entre los 750 y 1,800 m de profundidad—, y también del tercer

acuífero, que se encuentra alrededor de los 1,800 metros de profundidad, en donde se hallan las calizas.

“Espero que tengan mucho éxito en sacar agua de las calizas, porque eso sí sería un flujo de agua que no es extracción, si yo saco agua de una formación rocosa, no esperaría deformación. A mí me parece que sí es un estudio importante para esta ciudad, de seguir creciendo el hundimiento, las consecuencias no son imaginables”. ^{ESV}

Las perspectivas son optimistas pero no se tendrá certeza de esta alternativa hasta que no se concluya el pozo y se alcancen resultados. Para ello la perforación se realiza en tres etapas: en la primera se buscará aislar el acuífero superficial con tubería de ademe lisa; se continuará hasta llegar al contacto de las calizas (aproximadamente a los 1,800 metros) y se instalará ademe ranurado que permita valorar el potencial del segundo acuífero; terminado esto, finalmente se penetrarán las calizas cuando menos 150 metros y se aforará el pozo completo.

Ya en el pasado se han realizado perforaciones profundas para otros fines y con base en ellas se determinaron sitios y potencial del proyecto. “Hubo un primer pozo profundo en el lago de Texcoco que hizo Nabor Carrillo, a 2,000 metros de profundidad, pero era para entender la geología. Después acaeció el sismo de 1985 y PEMEX perforó seis o siete pozos profundos para comprender la propagación de los sismos en la cuenca del Valle de México. El actual pozo profundo del Sistema de Aguas de la Ciudad de México es el tercero y su objetivo es estudiar a fondo la alternativa de extraer agua de las capas profundas en el

^{FMH} Federico Mooser Hawtree

^{ESV} Enrique Santoyo Villa

Valle de México”.^{ESV} La perforación de este pozo profundo concita no sólo la expectativa de disminuir los hundimientos y satisfacer agua a la capital de la república, tiene, asimismo, implicaciones científicas importantes, ya que “hay dos hipótesis que deben resolverse. La primera es determinar si en efecto se trata de un acuífero cerrado, porque la cuenca hidrológica sí lo es en la superficie, pero en el subsuelo existe una duda. Si es cerrado subterráneamente, entonces el agua que se infiltra en esta zona percolaría a profundidad, pero buscaría los niveles base de descarga que estaban antes en el conglomerado de los lagos de Texcoco, Xochimilco, Chalco, Zumpango y Xaltocan. Sin embargo, si las fallas geológicas son permeables, entonces el agua podría seguir circulando y finalmente llegar a la cuenca del río Balsas, 1,000 metros más abajo. Si la salida estuviese hacia la sierra del Chichinautzin, se podría esperar que el nivel del agua en el pozo exploratorio fuera bajando porque el agua desciende buscando un nivel base de descarga mucho más abajo, pero no se hubiera encontrado un pozo artesiano como resultó cuando la perforación estaba alrededor de los 900 metros de profundidad. Lo recomendable es llegar a las calizas para disipar las dudas, pero sin descartar las formaciones subyacentes, porque existe la posibilidad de que esas capas sean productoras. Tanto las formaciones volcánicas como las calizas pueden presentar todo un rango de permeabilidades en un grado de fracturamiento, por lo que no deben descartarse *a priori* en un programa exploratorio”.^{RCG}

^{ESV} Enrique Santoyo Villa

^{RCG} Rubén Chávez Guillén

Se espera que el pozo profundo tenga minerales, carbonatos, dureza, etcétera, pero al no tener contaminantes orgánicos, su potabilización no representa mayor problema, ya que “no hay problema mayor, es mucho más fácil tratar agua dura que agua contaminada”.^{ESV}

“El pozo que se está perforando llegará a los 1,800 o 2,000 metros de profundidad a fin de buscar el agua en las calizas, pero si no se encuentra ahí, se explorará más hacia el sur, en Tezonco y el Cerro de la Estrella, o quizá más hacia el sur, contiguo a la sierra del Chichinautzin, pero a mayor profundidad, para captar el agua que se espera escurra por las calizas. Es necesario evaluar si el agua que estuviere en las calizas es joven, de unos cuantos miles de años, la cual sería aún apropiada. Y la búsqueda se da en las calizas porque son formaciones más permeables en las que escurre agua de menor antigüedad. Se avanza en lo desconocido pero es importante saber qué hay debajo de la Ciudad de México: es la última esperanza, el límite último”.^{FMH}

Por lo pronto este pozo de estudio se encuentra en proceso, con un avance significativo al presente reporte de 1,780 metros y con base en las muestras de los materiales cortados, como en los registros eléctricos, se tienen buenas expectativas. Sin embargo el tiempo requerido para la perforación de un pozo de esta magnitud, desafortunadamente, no es corto y se espera obtener resultados para finales del año 2012. Sólo entonces se podrá tener conclusiones que serán vitales para el futuro del abastecimiento al Valle de México.

^{FMH} Federico Mooser Hawtree

OTRAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO FUTURAS

Lo ideal para el desarrollo sostenible de las regiones aledañas a la cuenca del Valle de México sería buscar al máximo su autosuficiencia y no interconectarla con otras adicionales. Sin embargo, el problema ancestral heredado es que la Ciudad de México se estableció en un lugar apto sólo para unos cuantos cientos de miles de personas y ahora la habitan millones. Por ello se concentra la demanda de agua en una cuenca con una disponibilidad natural muy limitada. Las opciones no son sencillas: la gente ya está asentada aquí, no ha sido posible desincentivar la migración hacia esta zona y parece poco factible establecer un programa que anime a los habitantes a emigrar a sitios donde sí hay agua.

Entonces, “si no se desarrolla una fuente externa, la calidad del abastecimiento va a ser cada vez menor en cuanto a continuidad y, por ello, los racionamientos van a ser más frecuentes y más drásticos, sobre todo cuando las condiciones climáticas sean adversas al escurrimiento de las presas del sistema Cutzamala. Por otra parte, la extracción de aguas del subsuelo, que aportan la mayor parte del suministro, va a disminuir no tanto en volumen sino en costo, en problemas de infraestructura y en las consecuencias del hundimiento, lo cual es catastrófico”.^{RCG}

Pero las opciones no sólo son complejas desde múltiples aristas sino que están incluso inmersas en un alto grado de incertidumbre. Por una parte se estima que “es necesario buscar opciones para traer más agua; en la actualidad se evalúa la región de Necaxa, pero no tiene sentido traer más agua si no se usa de manera eficiente”^{FAC} y por otra se elige desarrollar mejores tecnologías, ya que “quizá dentro de 40 años ya no se use el acuífero, porque se habrá desarrollado el conocimiento científico para tratar el agua residual de manera que sea potable.

Es un hecho que no vamos a tener el mismo país dentro de 40 años y sería un error pensar que si hoy tratamos el agua con las técnicas actuales, la vamos a seguir tratando así en el futuro. Con certeza, nuestros problemas serán otros”.^{ANR}

No obstante existen “alternativas que no se han trabajado lo suficiente, como aprovechar la presa Madín, a la cual se le extrae actualmente 500 l/s con un sistema de potabilización muy deficiente, cuando se le podría extraer 1 m³/s, y a la presa Guadalupe donde 1.5 m³/s de agua se podrían distribuir por gravedad. Estos dos proyectos equivalen a la mitad del gasto que podría aportar el proyecto Temascaltepec, si se decidiese incorporarlo como una nueva fuente de abastecimiento de la zona metropolitana de la Ciudad de México”.^{OHL}

Por otra parte, “debe tomarse en cuenta que la agricultura de riego convencional con agua potable no debería existir en el futuro, porque no se puede sostener una actividad que consume aproximadamente el 15% del agua que se extrae en la cuenca del Valle de México. No sólo es demasiado oneroso en términos ambientales, también representa una anacronía tecnológica”.^{ANR}

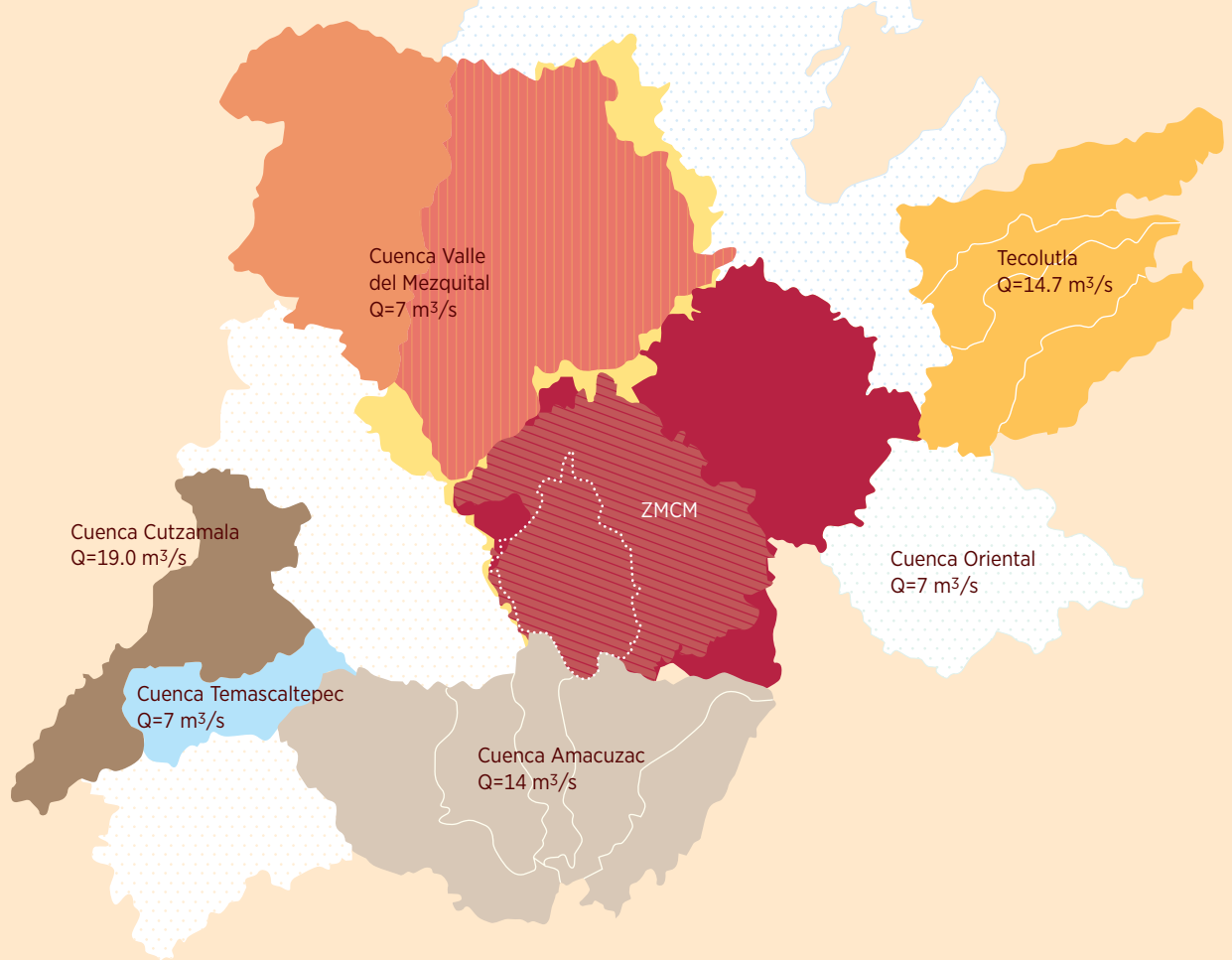
Aun así, las alternativas para desarrollar una nueva fuente de agua para la Ciudad de México y su zona metropolitana existe desde hace décadas.

Resulta evidente que analizar cualquier nueva fuente de agua para la Ciudad de México involucra evaluar su factibilidad técnica y económica, acompañada de un análisis del impacto social y ecológico. “Traer agua de otras regiones implica prevenir la atención del aspecto social en las comunidades cercanas. No va a ser fácil traer 5 m³/s desde cualquier fuente imaginable”.^{ANR}

Sin embargo, la Ciudad de México debe comprometerse a desarrollarse de manera sostenible, obviamente a un mayor costo económico. La tendencia de seguir explotando el acuífero no es una opción racional.

^{RCG} Rubén Chávez Guillén
^{FAC} Felipe Arreguín Cortés

^{ANR} Adalberto Noyola Robles
^{OHL} Óscar Jorge Hernández López



NUEVAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO POTENCIALES PARA LA ZONA METROPOLITANA

CALIDAD DEL AGUA DE UNA NUEVA FUENTE

Existe una preocupación que se debe atender cuando se trata de una nueva fuente de agua. Actualmente se supone que al potabilizar el agua se elimina cualquier elemento o compuesto que contenga, pero ahí se adentra uno en un terreno poco explorado, los contaminantes emergentes están presentes en una infinidad de productos de aseo personal y de medicamentos. Las hormonas, que trastor-

nan el funcionamiento endócrino y que están presentes en múltiples medicamentos, no sufren ningún cambio al ser desechados por el cuerpo humano y ningún tratamiento al agua los altera; por ello se encuentran en las trazas del agua. No hay suficiente información sobre el efecto que tendrá en la población beber esa agua durante años. Estos son aspectos que habrá que cuidar.

Adalberto Noyola



Vista aérea de la planta de bombeo de aguas residuales Lago Churubusco.

DRENAJE

Debido a que el Distrito Federal está asentado en la parte más baja de una cuenca endorreica, el sistema de drenaje es “el principal problema de la ciudad, incluso más apremiante que el transporte urbano, las vialidades y el agua potable”.^{RVC}

Si bien las tuberías de agua potable deben cambiarse por las fisuras en las que se fuga un porcentaje considerable del gasto que conducen, las de alcantarillado sanitario deben reponerse cada vez que agotan su vida útil y en esa situación se encuentra buena parte de la infraestructura. Aunque en los últimos años se inició un proceso de reposición de tuberías de drenaje, éste debe incrementar su ritmo de manera considerable en un futuro cercano.

Es difícil inspeccionar la red de albañales, colectores y emisores de la red secundaria de alcantarillado sanitario pero, “si las inspecciones del drenaje profundo indicaron una concentración importante de gases que produjeron daño al concreto, en los colectores secundarios debe haber una situación similar, ya que la red es mucho más extensa que la del drenaje profundo”.^{ALA} “A mí me preocupa mucho el deterioro de las tuberías de drenaje por el ataque de los ácidos, debido a que los gases pueden estar ya bastante afectados, bastante deteriorados, sobre todo por el tiempo que tiene la infraestructura”.^{RMP} Por otra parte y adicionalmente, los hundimientos han disminuido sustancialmente la capacidad de desalojo de muchas tuberías del sistema de drenaje.

El mantenimiento diferido a la infraestructura de drenaje ha conducido a disponer de “un sistema de drenaje que está a punto del colapso. Todos los años se hace un gran esfuerzo por mantenerlo, pero se requiere mucho más”.^{FGV} “La red de drenaje actual tiene entre 30 y 50 años de edad, y sólo se reemplaza cuando la deteriora un vehículo pesado genera un hundimiento debido a una oquedad. Se requiere mayor presupuesto para realizar un mantenimiento preventivo adecuado”.^{RVC}

En consecuencia, si no se comienza un programa sostenido de sustitución y rehabilitación en las redes de drenaje la probabilidad de que ocurra un colapso secuencial es bastante elevado.

El mantenimiento debe planearse cuidadosamente, utilizando apoyos para diagnóstico como “los sistemas robotizados con cámaras que permiten verificar las condiciones en que se encuentran los principales colectores.

Además es muy importante que dentro de esta planeación se prevean sistemas de reparación que permitan incorporar nuevas técnicas de rehabilitación que, aunque implican inversiones fuertes, minimizan las molestias a la población. A fin de justificar estas técnicas se requiere contrastar las inversiones del costo directo más la mano de obra y el impacto que tiene en la población, comparado con el costo de la apertura de zanjas y calles más los inconvenientes a la población”.^{ALA}

“Lo que puede hacer rentables estos sistemas y abaratar costos es tratar de uniformar lo más que se pueda los diámetros. A lo mejor cambiarlos es lo que resulta del proyecto hidráulico, sin embargo, en muchas ocasiones será más conveniente desde el punto de vista constructivo no hacer muchos cambios, ya que reduce el costo considerablemente. Si la obra se ejecuta a cielo abierto, como en su momento se hizo, mucha de la infraestructura, hubo que meter tablestacados, que hacer bombeos —que además generan deformaciones en las construcciones vecinas por el abatimiento del nivel de agua freática—, se requiere transportar el producto de excavación, transportar el material de relleno, en fin, muchas acciones y molestias para la gente. En cambio este tipo de sistemas de tuneleo o microtuneleo es construir una lumbrera aquí, la otra lumbrera a cada kilómetro, o cada 500 metros, entonces la velocidad a la que se puede hacer es muy rápida, la gente ni se entera que se está ejecutando el trabajo y no se generan daños a la ciudad”.^{ALA}

Por otra parte, dada la vulnerabilidad del drenaje hacia el norte del Distrito Federal, sería conveniente estudiar la conveniencia de construir una parte del drenaje hacia el Sur, ya que “el crecimiento vertical de la urbanización se observa en las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez y Miguel Hidalgo, pero la dispersión horizontal de la ciudad se verifica hacia el sur de la misma. Aunque el área de influencia de los colectores en la parte central de la ciudad permanece constante, el volumen de agua residual aumenta con la población y, el crecimiento hacia el sur incrementa el área de captación de lluvia y el gasto de agua residual. Ambas situaciones se conjuntan para demandar una mayor capacidad de conducción en los colectores y subcolectores, muchos de los cuales trabajan, aun sin llover, a tubo lleno”.^{RVC}

^{RVC} Ramón Vila Cruz

^{ALA} Adrián Lombardo Aburto

^{RMP} Roberto Meli Piralla

^{FGV} Fernando González Villarreal

Atender el drenaje pluvial representa uno de los mayores costos económicos para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, ya que su volumen supera con mucho al sanitario. En consecuencia, “las grandes plantas de bombeo que se han construido, y que trabajan a máxima capacidad, son para drenar las aguas pluviales”.^{ACV} Sin embargo, a pesar de que el drenaje profundo es el que en realidad evacua el agua en temporada de lluvias, su capacidad es muy escasa y, por ello, su función está totalmente rebasada. De hecho, el conflicto con el drenaje profundo se debe a que no se han reconocido sus limitaciones.

Con el fin de evitar reparaciones mayores, debe establecerse un programa de mantenimiento preventivo al drenaje profundo. De hecho, las principales diferencias de opinión se suscitaron durante la planeación de los trabajos por el riesgo que representa interrumpir el funcionamiento del drenaje profundo para darle mantenimiento. En particular, definir los tiempos de arranque y paro de los trabajos fue el obstáculo fundamental. Por esa razón, se espera que con el nuevo Túnel Emisor Oriente se disipen los conflictos al ampliarse la capacidad de drenaje y se incremente la flexibilidad para atender el mantenimiento, ya que al suspender la operación del drenaje profundo, el Túnel Emisor Oriente estará en funcionamiento y así recíprocamente.

Los olores que despiden las lumbreras del drenaje profundo son un problema para la ciudadanía y por ello deben controlarse, pero sin eliminar la ventilación de las mismas. “Lo que realmente genera el daño al drenaje profundo es la falta de ventilación, ya que en las zonas que están mejor ventiladas —y que coinciden con las regiones periurbanas— el daño es menor. Los daños más severos se concentran en los sitios donde se ha reducido el diámetro de las lumbreras y se han introducido chimeneas o filtros de carbón para evitar el esparcimiento de los olores a los vecinos. Eso ha provocado la concentración de gases en los túneles y ha acelerado el proceso de degradación del concreto”.^{ALA} Asimismo, se requiere desazolvar el drenaje profundo en las zonas oriente y poniente.

^{ACV} Antonio Capella Vizcaino

^{ALA} Adrián Lombardo Aburto

REÚSO Y REINYECCIÓN DEL AGUA

Actualmente la Ciudad de México cuenta con 25 plantas de tratamiento y más de 900 kilómetros de tuberías para la distribución de agua residual tratada para ser utilizada en todo lo que no requiera agua de calidad potable, como es el riego de parques, jardines, camellones, los lagos de Chapultepec, los canales de Xochimilco, la pista de canotaje en Cuemanco, muchos usos industriales y el riego agrícola en Tláhuac y Milpa Alta. Dependiendo la temporada del año se llegan a reusar hasta 3,500 litros por segundo de agua residual tratada, que es una cantidad muy significativa.

Sin embargo, hay un consenso por los expertos de que se requiere incrementar sustancialmente el reúso del agua en el Valle de México:

“Hay cosas como que debemos empezar a pensar en el contexto del agua que se colecta en estos grandes colectores y se suelta fuera del Valle, porque ante la perspectiva de que tuviéramos sequía y ante la incertidumbre de las lluvias a futuro por el cambio climático, la estrategia de reciclaje de agua en la ciudad se vuelve fundamental, porque puedes seguir trayendo agua, pero como la que vas a traer puede estar sujeta a una disminución, si logras reciclar esa parte es fundamental, un objetivo básico sería el reúso, el reciclamiento, la reinyección del acuífero”.^{CGG}

“¿Hasta cuándo puede el Distrito Federal dejar que esa agua salga sin tratarla y mantenerla en la Ciudad de México? Hay que analizar a fondo ese modelo y ver si podemos sostenernos o hay que buscar una recomposición”,^{MPC} ya que “el punto más escandaloso es no reusar ni reciclar el agua al máximo posible”.^{JCL}

El reúso del agua presupone tratarla primero y reutilizarla en los usos que no requieren agua potable y el objetivo es reusar el agua cuantas veces sea posible antes de dejarla escurrir hacia aguas abajo. Sin embargo, se tienen ciertas limitantes, porque se requieren terrenos para construir las plantas de tratamiento, o bien, no en todas las áreas de la ciudad se tienen suficientes

^{CGG} Carlos Gay García

^{MPC} Manuel Perló Choén

^{JCL} Julia Carabias Lillo

usuarios de agua de reúso. En la zona sur es poco el volumen que puede reusarse porque el drenaje va en dirección hacia el norte, en donde se puede reusar un volumen superior y, en caso de planear su uso en el sur, se incrementarían los costos de conducción del agua porque se requeriría bombearla.

Las estrategias para fomentar el reúso del agua no han tenido el éxito deseado, puesto que existe todavía una barrera cultural e incluso ideológica para su empleo, ya que se “habla muy fácilmente del reúso y venta de agua tratada, pero son pocos los casos en que se logra comercializarla”.^{FMP} Con el apoyo de campañas adecuadas, garantizando que los procesos de tratamiento sean eficientes e incrementando las redes de distribución seguramente se podrá incrementar el reúso en la ciudad: “Es importante pensar en una red morada en la ciudad para distribuir domiciliariamente el agua residual tratada, de tal manera que los usos aptos para esa calidad de agua tuviesen doble medidor, uno para agua potable con tarifa ascendente como está en la actualidad y otro para agua residual tratada con tarifa descendente para promover el reúso”.^{JSS}

^{FMP} Francisco Muñiz Pereyra
^{JSS} Jorge Saavedra Shimidzu

Un claro camino para el mejor aprovechamiento del agua residual en el Valle de México es potabilizarla para la recarga del acuífero, que es una práctica que ya se utiliza en ciudades africanas, americanas y europeas. Una de las principales ventajas de reusar las aguas residuales tratadas es que, a diferencia del agua de lluvia, el volumen es mucho más constante y con ello el funcionamiento de la infraestructura es mucho más eficiente y rentable.

Está claro que el agua residual no se puede potabilizar para proporcionarla a la población y una alternativa viable sería recargar el acuífero, con el doble propósito de orientar también los proyectos en la contención del hundimiento de la ciudad. “Es fácil llegar a la conclusión de que el tratamiento de aguas e inyección, es una opción real para ayudar a equilibrar el acuífero”.^{ACL}

Aunque técnicamente es factible potabilizar el agua residual, “las normas de agua potable no son aplicables porque están pensadas para agua de otro origen. El problema es que en el agua residual tienes una cantidad de compuestos orgánicos y la mayor parte de ellos ni siquiera los puedes detectar, ni siquiera puedes identificarlos, otros, que son centenares de compuestos orgánicos

^{ACL} Alfonso Camarena Larriva



Planta piloto de agua tratada para recarga al acuífero de potabilización de agua residual para recarga de acuífero.

que salen en un cromatograma, todos los que están regulados y que conocemos, tienes que cumplir la norma, pero aparte de eso, el carbono orgánico total tiene que estar por debajo del 2%, con eso la materia orgánica que hay es suficientemente baja y con ello baja el riesgo, y además, de plano no al reúso directo, hay que pasar esa agua por un buffer, por un colchón, que puede ser el acuífero”.^{ACV}

Sobre ese renglón ya se ha venido avanzando en el SACMEX e incluso se cuenta con una planta piloto con capacidad de 20 litros por segundo para la recarga del acuífero con agua residual potabilizada, ubicada en los terrenos de la Planta de Tratamiento de Cerro de la Estrella.

Como la utilización de las aguas residuales tratadas en la recarga del acuífero es importante —particularmente en la zona sur y oriente de la ciudad, que son susceptibles de almacenar y restituir el grave desequilibrio que hoy se observa—, se considera la opción de suscribir

contratos de prestación de servicios para el tratamiento y potabilización de agua residual e infiltrar por lo menos 2,000 lps en el corto-mediano plazos.

En consecuencia, deben establecerse metas para la reducción del volumen de extracción de los acuíferos de la cuenca del Valle de México, la recarga del acuífero con agua potabilizada en la zona sur del Distrito Federal —Xochimilco, Iztapalapa y Tláhuac— y la sustitución de agua del acuífero por agua tratada para el riego agrícola, de ornato y de áreas verdes en parques y jardines de la ciudad.

Si bien la inyección de agua en los acuíferos está aceptada internacionalmente, “la calidad del agua que se infiltre al acuífero debe ser prácticamente potable. Si se capta agua de lluvia en calles, avenidas, estacionamientos y lugares vulnerables a contaminarse con grasas, aceites y basura en donde es impráctico depurarla de manera eficaz y adecuada, esa agua no debiera reinyectarse al acuífero”.^{LGG}

^{ACV} Antonio Capella Vizcaino

^{LGG} Luis Manuel Guerra Garduño



Cría de truchas en fosa de agua residual potabilizada.

DESCENTRALIZACIÓN

La naturaleza jurídica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México debe ser la de un organismo descentralizado y, definitivamente, requiere un marco jurídico acorde con los retos que afronta en la actualidad el Distrito Federal.

Las condiciones son cada día más complejas y se vislumbran en el futuro retos aún mayores, es imprescindible fortalecer al organismo operador con las herramientas necesarias para solventarlos en un plazo perentorio.

David Korenfeld

DESCENTRALIZACIÓN

ORGANISMO DESCENTRALIZADO

El modelo de gestión actual del Sistema de Aguas de la Ciudad de México ha mostrado falencias desde los años sesenta del siglo pasado, cuando todos los organismos operadores de las principales ciudades del mundo empezaron a emigrar de gestiones centralizadas o desconcentradas a gestiones de organismos descentralizados. “Es inadmisibles que el Sistema de Aguas siga en la administración central, hay que descentralizarlo. El Distrito Federal es la única ciudad grande de México, y muy probablemente del mundo, que no maneja su organismo de agua como una empresa descentralizada”.^{ACV} Es conveniente poner en claro que “mientras siga siendo un organismo desconcentrado del gobierno del Distrito Federal, carezca de atribuciones para administrar sus ingresos y no disponga de un sistema contable independiente y autónomo, sus problemas permanecerán e incluso podrían incrementarse. Por esa razón, se requiere transformar a la institución actual en una que pueda responsabilizarse de sus ingresos y egresos, que cuente con un sistema moderno de participación pública en su consejo de administración y que despliegue su rendición de cuentas y transparencia con los más altos estándares”.^{FGV}

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México “tiene las responsabilidades pero no se le han otorgado las facultades para que pueda cumplirlas”.^{FMP}

La cantidad de interacciones que tiene el Sistema de Aguas de la Ciudad de México con diversas dependencias dificulta su gestión y sólo conduce a la ineficiencia. La gestión del agua en la Ciudad de México depende de demasiadas instancias y con ello sólo se diluye la efectividad: “El organismo depende de la Secretaría de Gobierno —en cuanto a la relación con las delegaciones políticas del Distrito Federal—, de la Secretaría del Medio Ambiente, de la Secretaría de Finanzas y de la Oficialía Mayor, cuando debería depender sólo del Jefe de Gobierno. Si hemos hablado de una Secretaría a nivel federal, aquí debe ser algo parecido”.^{RVC}

“Identifico como grave el problema de que el Sistema de Aguas no depende de sus recursos, tiene que pasar por la Secretaría de Finanzas, entonces entra en un esquema de camisa de fuerza que hace una superación francamente kafkiana. Incluso en los procesos más elementales y cotidianos como ciertos procedimientos de compras, hay cosas absurdas para un organismo que da un servicio a una ciudad de 9 millones de habitantes”.^{ANR} Un asunto prioritario —que no puede relegarse— es “robustecer la estructura organizativa del organismo operador la brevedad posible”.^{FMP} “No se puede seguir manejando al Sistema de Aguas de la Ciudad de México como una oficina burocrática, una oficina con pocas libertades de accionar para las obras y para muchas cosas. Se requiere de personal con mayores salarios, de mayor

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

^{FGV} Fernando González Villarreal

^{FMP} Francisco Muñiz Pereyra

^{RVC} Ramón Vila Cruz

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

^{FMP} Francisco Muñiz Pereyra

calidad, mayor movilidad. No puedes manejar algo tan sensible para una ciudad con una estructura que ya cumplió su forma de operar”.^{ACL}

“No veo hacia el futuro un organismo operador de agua potable y saneamiento —en la cuenca del Valle de México— que no sea descentralizado, que no defina sus tarifas con independencia de su congreso local, que no sectorice totalmente su área de atención en los próximos veinte años y que no participe en la atención coordinada del drenaje metropolitano y la prevención de desastres naturales de origen hídrico, y no concibo un sistema de aguas que no sea parte de una planeación conjunta a largo plazo con el fin de definir las fuentes de abastecimiento futuras para esta región del país”.^{DKF}

Si bien es cierto que la descentralización pretende lograr la autosuficiencia financiera de un organismo operador de agua potable y saneamiento, también lo es que “no tiene sentido crear un organismo nuevo, con personalidad jurídica y patrimonio propios, si carece de las condiciones para ser autosuficiente, ya que de origen estaría limitado para realizar su trabajo con la objetividad y la claridad requeridas. Descentralizar al organismo lleva implícita la decisión de buscar su autosuficiencia técnica, administrativa y financiera”.^{DKF}

Otra de las ventajas de que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México sea descentralizado es que “los ingresos derivados de las tarifas dejarían de ser recursos fiscales del Distrito Federal e ingresarían directamente al patrimonio del organismo operador, sin requerir que la Secretaría de Finanzas ministre las diversas partidas presupuestales. Eso le daría mayor capacidad de gestión, habilitándolo para operar con mayor eficacia y eficiencia. Es importante recalcar que un derecho es el cobro

que hace el Estado por la prestación de un servicio público; un aprovechamiento es el cobro que hace el Estado por servicios distintos a un servicio público y, en el caso de las tarifas, se trata del cobro que hace un organismo que tiene patrimonio y personalidad jurídica propios. La gran diferencia entre un derecho, que es una contribución, y una tarifa que cobra un organismo descentralizado es que dejan de ser ingresos fiscales y ya no se rigen por el Código Fiscal de la Federación”.^{MCC}

Por otra parte, resulta claro que con la descentralización del Sistema de Aguas de la Ciudad de México no deberían verse afectados en ninguna forma sus trabajadores, por ello, “se propone que la ley que constituya el organismo descentralizado mantenga el régimen laboral en el apartado B constitucional, y en un artículo transitorio establezca que los trabajadores del desconcentrado serán transferidos al organismo que se crea, así como que los derechos de los mismos serán respetados”.^{MCC}

El énfasis principal se halla, más bien, en el hecho de que “un organismo operador descentralizado puede controlar el origen y la aplicación de los recursos, ya que todos sus ingresos son para operación, mantenimiento, rehabilitación y administración”.^{ERB}

“La autonomía administrativa permite operar con mayor eficiencia, lo que es un logro en sí mismo. Lo que hay que evitar es que a la empresa descentralizada se les someta a las mismas reglas que a la administración central”.^{ACV} En el tema hay plena coincidencia entre los expertos: “se necesita un organismo eficiente, un organismo con más recursos, debe ser un organismo que funcione y que capte todos tus ingresos, un descentralizado. Un organismo que tenga más libertad para cobrar, para regirse, desprenderse de la administración central”.^{MPC}

^{ACL} Alfonso Camarena Larriva

^{DKF} David Korenfeld Federman

^{MCC} Manuel José Castellanos Cervera

^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño

^{ACV} Antonio Capella Vizcaino

^{MPC} Manuel Perló Choen

TARIFAS, DESCENTRALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La Ciudad de México, a la luz de la complejidad del entorno metropolitano y de las dificultades que implica coordinar acciones en ese ámbito, así como de los obstáculos administrativos y la transversalidad de temas en que incide el agua, requiere dos cambios fundamentales. En primer lugar, se requiere cobrar tarifas por los servicios integrados de agua y no derechos, de tal manera que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México sea autosuficiente económicamente. Para lograr la robustez financiera es necesario convertir al Sistema de Aguas de la Ciudad de México en un organismo público descentralizado, con un consejo de administración integrado por las autoridades que se requieran de

la ciudad y por representantes de la sociedad —de reconocido prestigio y en quienes se pueda depositar la confianza— para que expresen una vez al año el estado que guarda el abastecimiento y depuración del agua en la ciudad, y que certifiquen que los costos que se trasladan al usuario son exactos y necesarios para darle viabilidad al servicio público de agua potable y saneamiento. La segunda adecuación es que el organismo operador no debe subsidiar los servicios; si el gobierno desea otorgar subsidios debe hacerlo directamente, no a través del organismo operador.

Guillermo Guerrero

CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Los servicios de agua potable y drenaje tienen una relación muy estrecha con la ciudadanía: todos somos usuarios. Por ello, al transformar el Sistema de Aguas de la Ciudad de México en un organismo público descentralizado requiere de los mejores mecanismos para garantizar que pueda cumplir su cometido de proporcionar los servicios de agua potable, drenaje, reúso y saneamiento.

Uno fundamental es lograr una adecuada integración de su Consejo de Administración. Un Consejo que permita “hacer un manejo equilibrado del organismo operador al fomentar la expresión de diversos puntos de vista, desde los políticos hasta el de los usuarios, incluyendo a las asociaciones de profesionales, universidades, los centros de investigación y los gremios comerciales e industriales. Las decisiones conjuntas de este grupo con disciplinas, visiones e intereses múltiples deberán ayudara construir y mantener una institución pública realmente efectiva y con visión de largo plazo”.^{FMP}

Se requiere —además del control político y jurídico apropiados— la participación social que permita el escrutinio de sus acciones y que fortalezca su credibilidad mediante un sólido ejercicio de comunicación. El pago de los servicios implica un acuerdo entre las partes y, “para que la gente tenga disposición de pago, se requiere que su prestador tenga credibilidad, que se logra cuando, junto con el gobierno, se tiene la participación vigilante de la sociedad. Por tanto, se necesita un mecanismo de participación pública representativa —conformado por personas independientes y representantes de usuarios— en el cual se puedan expresar distintos puntos de vista y evaluar la eficacia, transparencia y honestidad del organismo operador. Esa participación introduce visiones discordantes a las juntas de gobierno, pero le otorga legitimidad a las decisiones que se toman, incluyendo las tarifas”.^{FGV}

La pluralidad del consejo es fundamental para un organismo público descentralizado que se maneja como empresa. De esta manera, “el Sistema de Aguas de la Ciudad de México debe estar observado por un consejo en el cual estén representados varios sectores de la población: usuarios, empresarios que sepan cómo se maneja una empresa, así como académicos que conozcan la materia, a fin de cuidar que no se desvíe de una función de servicio con una connotación social”.^{ANR} “Se requiere un

consejo de administración conformado por miembros independientes, conocedores de la materia, con tiempo para asumir compromisos y con credibilidad, aspecto particularmente importante en la actualidad”.^{BJC}

Un consejo de administración debe cumplir tres características específicas: “que preferentemente esté incluido el presidente municipal —o el Jefe de Gobierno en el caso específico del Distrito Federal—, o en su caso un representante directo, pero que no sea determinante su hegemonía; que sea un consejo multidisciplinario y con miembros que tengan una idea de lo que se requiere, y que su trabajo no se interrumpa con los sucesivos periodos gubernativos, de manera que los planes, programas y acciones tengan continuidad”.^{RO}

Ahora bien, “la calidad de los consejeros es fundamental en cualquier órgano de gobierno, por esa razón se debe tener especial cuidado en su elección”.^{LRC} “La integración de los consejos debe tener un filtro que elimine las propuestas de personas que carecen del perfil requerido y que, por diversas circunstancias, suelen ser propuestos. Por ello, debe haber un control de calidad con diferentes parámetros para los miembros que representan los intereses del gobierno, la iniciativa privada y la academia, incluida la visión de los ecólogos. Un punto adicional es que los consejeros no tengan conflicto de intereses: el consejo de administración puede incluir a empresarios, pero no a los que buscan contratos en el propio organismo del cual son miembros o en alguno directamente relacionado que implique el uso privilegiado de información”.^{BJC}

La principal ventaja de un consejo de administración, bien estructurado e integrado, es que permite dar continuidad a las acciones que en materia de agua necesariamente son a largo plazo, que en muchísimas ocasiones le brinda a las decisiones del organismo operador una protección en relación con los procesos electorales y con los intereses de los partidos políticos en general. Un ejemplo claro de ello es el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, Guanajuato, en el cual “el consejo de administración, al ser un consejo ciudadano, ha blindado al organismo del instinto político de la autoridad, ya que el consejo es la primera línea de resistencia en contra de las medidas autoritarias que pudiere tomar la autoridad con respecto al organismo operador de agua potable y alcantarillado”.^{ERB}

^{FMP} Francisco Muñoz Pereyra

^{FGV} Fernando González Villarreal

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

^{BJC} Blanca Jiménez Cisneros

^{RO} Roberto Olivares

^{LRC} Luis Robledo Cabello

^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño



I-11-50-1960
I-11-38-3187



AUTOSUFICIENCIA

La autosuficiencia financiera, es decir, que el organismo cuente con ingresos propios para cubrir los costos de su operación y mantenimiento, es la clave para garantizar un servicio sostenible de calidad, ya que “de otra manera no hay una garantía para la operación, menos para el adecuado mantenimiento y mucho menos para contingencias. Las finanzas son el desafío principal de los organismos operadores de agua potable y saneamiento, ahí se tiene el talón de Aquiles”.^{RO}

Cuando un organismo depende de los subsidios para cubrir sus costos operativos pero no para la construcción de nueva infraestructura o ampliar los servicios en nuevas zonas, es decir, cuando no se tiene una autosuficiencia operativa, se condena necesariamente a una situación de ineficiencia, ya que los subsidios en agua potable siempre serán restringidos al mínimo, por ello “el Sistema de Aguas de la Ciudad de México debe operar en números negros para brindar un servicio adecuado; en números rojos ninguna empresa o actividad humana puede funcionar a largo plazo”.^{ANR}

La autosuficiencia del subsector agua potable es posible, pero a éste se le piden demasiadas cosas, se le cargan procesos que en esencia son responsabilidad municipal: “de todos los servicios que prestan los municipios o estados, la única opción real que se tiene para lograr la autosuficiencia es el del agua, pero la prestación de un servicio de agua potable autosuficiente ha funcionado en muy pocas ciudades del país. En gran parte porque se le han agregado procesos que no le corresponden, como la obra pública para expandir la cobertura a nuevas zonas o el drenaje pluvial que, además de carecer de un referente constitucional, no existe ninguna ciudad en la cual se cobre este servicio”.^{DKF}

Otro gran obstáculo para que un organismo operador logre su autosuficiencia es que tenga que otorgar subsidios —mediante una estructura tarifaria autorizada por las instancias municipales o estatales— en vez de que lo haga el gobierno. “Un organismo operador no requiere un subsidio en la forma de un paquete total de dinero: el presupuesto debe incluir un subsidio para cada uno de los estratos en la gama de usuarios e indicar el porcentaje de subsidio por tipo usuario. La ciudadanía sabrá que la subvención no es para el organismo operador, sino para los usuarios, y la otra, si se transparenta de esa manera, el día que se decida subsidiar menos, las instancias que lo aprueben deberán indicar a quién se le debe otorgar un subsidio menor”.^{ERB}

Por ello, el reto que debe abordarse es dilucidar de qué acciones deben tomarse para lograr la autosuficiencia financiera del organismo operador de agua potable y saneamiento de la ciudad más importante del país. “Aunque el conglomerado de la Ciudad de México es enorme y muy complejo, su poderío económico debe ser suficiente para financiar adecuadamente su correspondiente operador público. No en vano se trata de la capital de un país bastante desarrollado y con una potente economía”.^{PAA}

Un criterio que debe cambiarse es el tomar casos de excepción y de ahí generalizar apoyos y subsidios, ya que “en esta ciudad prácticamente el 100% de los usuarios tiene capacidad de pago; resulta inverosímil que en esta ciudad, donde se tiene una economía pujante, la gente no pueda pagar por el agua al menos 100 o 150 pesos al bimestre, menos de 3 pesos al día por el servicio, no de una persona, sino de toda una familia. Sí hay excepciones y habría que tratarlas como tales, y el mismo criterio se aplica a cualquier delegación del Distrito Federal”.^{RVC}

^{RO} Roberto Olivares

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

^{DKF} David Korenfeld Federman

^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño

^{PAA} Pedro Arrojo Agudo

^{RVC} Ramón Vila Cruz

FINANCIAMIENTO

“Es necesario buscar mecanismos de financiamiento para realizar sin dilación las acciones prioritarias y programar, con base en la planeación, la puntual ejecución de las estrategias identificadas”.^{DKF} Por tanto, un paso ineludible en el futuro mediano para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México es allegarse los recursos económicos a fin de abatir los rezagos emblemáticos, entre los cuales sobresalen las fugas en la red de agua potable. Mil 400 millones de pesos anuales para atender las fugas suena adecuado y, si no se dispone de la asignación presupuestal correspondiente, para eso están los créditos y otros mecanismos financieros. La reparación de las fugas es un concepto redituable y, en consecuencia, se puede abordar como un proyecto especial”.^{ACV}

Para ser sujeto de crédito se requiere una empresa con estados financieros sólidos y que sea autosuficiente, por lo que una parte importante “del desarrollo institucional está vinculada con la creación de una organización cuya principal fuente de ingresos sean las tarifas que pagan los usuarios por los servicios prestados. De ahí salen los recursos que soportan el otorgamiento de créditos y prácticamente cualquier tipo de financiamiento”.^{RVC} De esta forma se pueden hacer planes a largo plazo con el propósito de buscar el apoyo de instituciones financieras y, para ello, “si se desea contratar créditos internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo o el Banco

Mundial, es necesario elaborar un plan a 30 años, a fin de facilitar los trámites”.^{LRC}

Asimismo, “es posible tramitar créditos internacionales con periodos de gracia importantes para empezar a amortizar la deuda 3 o 5 años después de contratado, con lo cual los primeros años no son muy difíciles y se puede aprovechar ese tiempo para aumentar las eficacias física y comercial a fin de fortalecer las finanzas del organismo operador”.^{LRC}

Otras opciones de financiamiento incluyen “el Fondo Nacional de Infraestructura, en el cual existen recursos a fondo perdido hasta por el 40% para algunas necesidades, como plantas potabilizadoras y/o de tratamiento de aguas residuales. Por otra parte, en la Ciudad de México podrían explotarse mucho más las posibilidades de emplear otros mecanismos financieros, como los así denominados ‘construye, opera y transfiere’ —BOT, por sus siglas en inglés, referentes a *built, operate, transfer*—, por ejemplo para construir un acueducto y pagarlo a 18 años, en vez de erogarlo en una sola exhibición 200 millones de pesos. La empresa concesionaria entregaría el agua en bloque y los recursos no ejercidos podrían emplearse en otras prioridades. Los esquemas BOT son atractivos en todos los aspectos relativos al agua en bloque, desde acueductos y plantas potabilizadoras hasta plantas de tratamiento de aguas residuales, en donde la autoridad concedente especifica la calidad del agua requerida”.^{RVC}

^{DKF} David Korenfeld Federman

^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

^{RVC} Ramón Vila Cruz

^{LRC} Luis Robledo Cabello

CATEGORÍAS ÉTICAS EN EL USO DEL AGUA

Si reflexionamos sobre los distintos usos del agua, entenderemos que los valores en juego se ubican en distintas categorías éticas, con prioridades y criterios de gestión bien diferentes:

- El agua-vida, en funciones básicas de supervivencia, tanto de los seres humanos, como de los demás seres vivos, debe tener prioridad para garantizar el acceso de todos a cuotas básicas de agua potable (30 l/pers/día), como un derecho humano, los caudales necesarios para garantizar la soberanía alimentaria de las comunidades más vulnerables, así como la sostenibilidad de los ecosistemas.
- El agua-ciudadanía, en actividades de interés general de la sociedad, garantizando funciones de salud y de cohesión social (como los servicios urbanos de agua y saneamiento), debe situarse en un segundo nivel de prioridad, en conexión con los derechos de ciudadanía, vinculados a los correspondientes deberes ciudadanos.
- El agua-economía, en funciones de carácter productivo, más allá de los niveles de suficiencia y dignidad, debe reconocerse en un tercer nivel de prioridad, en conexión con el derecho individual y colectivo a mejorar el nivel de vida. Usos que demandan la mayor parte del agua detraída de ríos y acuíferos, y de los que se derivan los principales problemas de escasez y contaminación.
- El agua-delito: en usos productivos ilegítimos, en la medida que lesionan el interés general de la sociedad (vertidos tóxicos, extracciones abusivas...), razón por la que deben ser ilegalizados y perseguidos con rigor.

Pedro Arrojo

TARIFAS

“Aunque las tarifas están fuera del ciclo hidrológico, en el ciclo urbano del agua tienen una participación fundamental. Las tarifas tienen que ver, en primer término, con el consumo, ya que permiten moderarlo, y tienen que ver con la posibilidad de lograr la autosuficiencia de los organismos operadores, para que éstos cuenten con los recursos suficientes para la adecuada prestación de los servicios. Es un error tener tarifas bajas, sólo complica las soluciones que se requieren en el sector agua y saneamiento”.^{ACL}

“Se requiere tener una tarifa que cubra al menos la operación, y se necesita contar con reservas para contingencias, para dar el mantenimiento, la rehabilitación, atender aspectos laborales y ambientales”.^{RO} Por ello “los organismos operadores necesitan establecer tarifas justas y suficientes”.^{FMP} “Para la definición de las tarifas es primordial tener en claro el costo de prestar un servicio de calidad. Si se desea un servicio de calidad, la recuperación de costos tiene que prorratearse entre lo que paga el usuario y lo que el gobierno subsidia. Si la Asamblea Legislativa autoriza tarifas bajas y además decide asignar cierta cantidad de dinero que es insuficiente, eso implicará poner al organismo operador en la disyuntiva de proveer menos servicios, bajar su calidad y/o no cubrir aspectos básicos de mantenimiento”.^{ERB}

“Las tarifas de agua se deberían definir con base en estudios, donde se considere la capacidad y la disposición de pago de la población. Desde el punto de vista teórico sabemos que los servicios públicos tienen el valor que la gente les otorga, pero en el tema del servicio del agua es muy común o que se cobren tarifas fijas o no se cobre, o se cobre un precio muy bajo que no permite recaudar recursos suficientes. Es frecuente que la propia autoridad le quite el valor al agua”.^{GSM} “La voluntad para cobrar es distinta a la voluntad de pagar. Es obvio que hay más voluntad de la gente para pagar que voluntad del gobierno para cobrar. Si se quiere subsidiar, quien tome esa decisión debería darle también los recursos equivalentes al organismo operador. El problema es que no lo hacen”.^{FGV}

“La falta de recursos para operar adecuadamente y en su caso para invertir en nueva infraestructura es un problema de prácticamente todos los organismos operado-

res del país. Los pocos, muy contados, que se encuentran en condiciones financieras adecuadas, no son por subsidios generosos por parte de los gobiernos municipales o estatales. Los organismos que tienen recursos es porque cobran adecuadamente por los servicios que prestan”.^{ACL}

“Algunos criterios internacionales fijan un estándar para los estudios de financiamiento de la infraestructura hidráulica, y consisten en que la gente pobre no pague más del 5% de su ingreso familiar por el servicio de agua potable. La realidad en nuestras ciudades es que las familias más pobres que no cuentan con el servicio domiciliario de agua potable, pero que recurren a acarreo, pipas y garrafones, sufragan hasta el 20% de sus ingresos en agua de dudosa calidad”.^{GSM}

Los servicios de agua y drenaje deben ser accesibles para todos y, en ese sentido, el cobrar cuotas bajas en consumos razonables es parte de una política pública adecuada, pero “el subsidio generalizado tiene muchos inconvenientes, está bien si se pretende compensar al más pobre de manera que pueda tener acceso a un agua en cantidad y calidad sin que esto grave su patrimonio y su ingreso. El problema es que con un subsidio generalizado también se subsidia a gente que sí puede pagar”.^{PAA}

Por otra parte, “se debe tener una regla general para el cobro de los servicios y también la posibilidad de una excepción. Los subsidios deben ser la excepción, no la regla”.^{ACV} “Hay estratos de población a los que se les quiere cobrar menos desde una visión político-social. La postura del Sistema de Aguas de la Ciudad de México debe ser aceptarla y preguntar cómo se va a suplir ese déficit. Un mecanismo simple es saber en qué está sustentado ese ordenamiento y qué presupuesto lo va a acompañar”.^{RO} Es muy difícil lograr una responsable combinación entre tarifas bajas fijadas por las legislaturas junto con subsidios que compensen el bajo cobro. “El agua es un tema que se politiza muy fácilmente. Todo el mundo quiere cobrar barato y mejorar el servicio, pero el problema es que a la hora de repartir los recursos ya no es un tema prioritario, porque no lucen las inversiones, y entonces empezamos a arrastrar problemas que se van haciendo cada vez más graves”.^{GSM}

^{ACL} Alfonso Camarena Larriva

^{RO} Roberto Olivares

^{FMP} Francisco Muñoz Pereyra

^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño

^{GSM} Gloria Soto Montes de Oca

^{FGV} Fernando González Villarreal

^{PAA} Pedro Arrojo Agudo

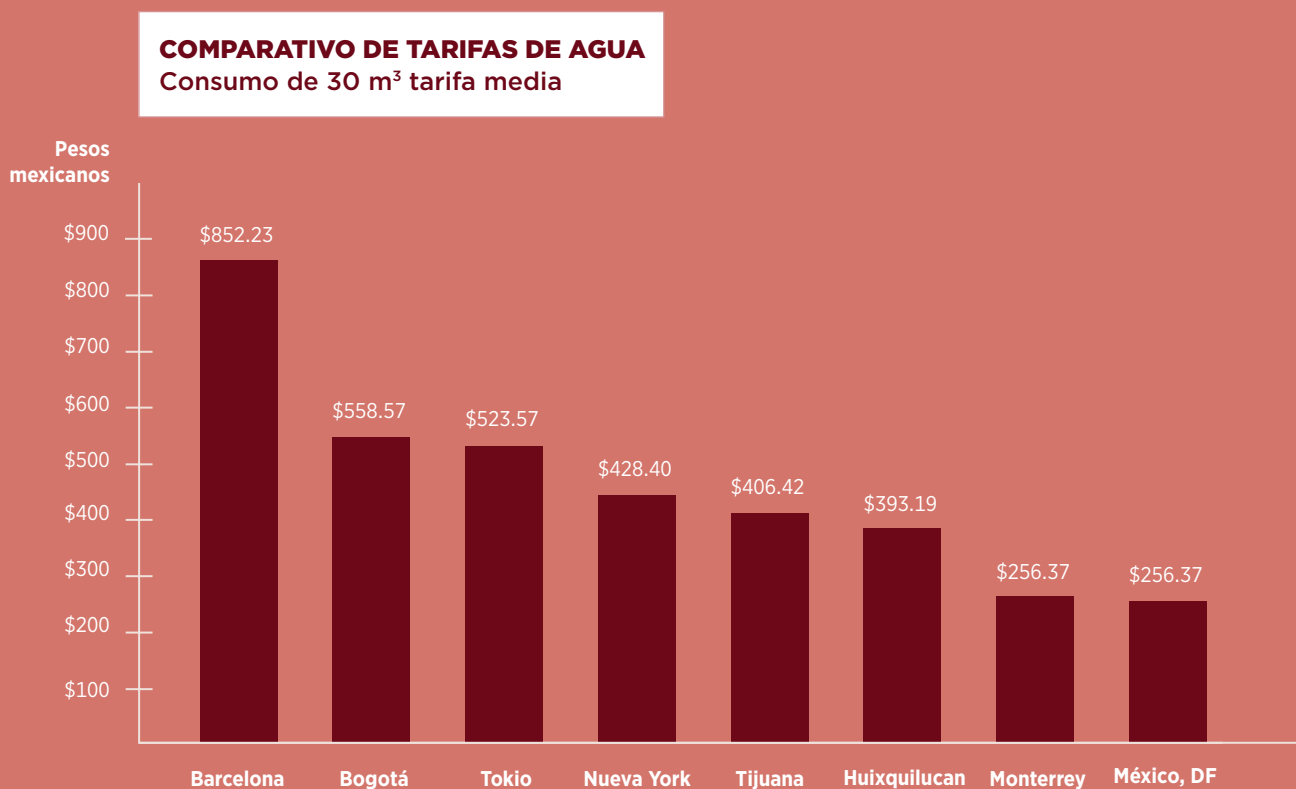
^{ACV} Antonio Capella Vizcaíno

TARIFAS DE AGUA POTABLE

La tarifa del servicio domiciliario de agua potable debe encarecerse en los tramos de mayor consumo, aplicando criterios de economía pública bien diferentes de los criterios tradicionales de mercado, que abaratan costes para quienes consumen más.

Con ello se desincentiva el consumo y se induce una subvención cruzada de los usos suntuarios hacia los usos básicos. Se trata de promover, a través del sistema tarifario, políticas públicas que persiguen objetivos como el acceso universal a este tipo de servicios y la minimización de su huella ecológica.

Pedro Arrojo



Para hacer accesibles las tarifas a todos los sectores económicos se tienen dos herramientas: la primera es mediante mecanismos de compensación donde el cobro a un consumo razonable y responsable sea mínimo, y que se compense con un mucho mayor cobro al desperdicio o usos suntuarios; la segunda es fijar diferentes cuotas, por zonas, donde se ajusten las tarifas conforme con los niveles socio-económicos.

Los subsidios deben estar bien dirigidos y acotados a un consumo responsable. “Si se cobrara el agua a su costo real, eso llevaría a una voluntad de ahorro. La política de cobrar poco conduce a que no se cuide el agua, porque cuesta poco”.^{ANR}

“Lo importante es identificar las categorías éticas de los diferentes usos del agua, estableciendo las adecuadas prioridades y los criterios desde los que se deben gestionar. El agua que se necesita para beber, cocinar y una higiene básica, son 30 litros por persona al día, como mínimo vital en el ámbito de los derechos humanos, debería ser gratuito, al menos para los más pobres. En los siguientes tramos de consumo la tarifa debe crecer, de forma que se induzca un consumo responsable y se penalicen los usos suntuarios o abusivos. Se trata, en suma, de garantizar el acceso universal a servicios de calidad para todos y todas, al tiempo que se inducen enseñanzas e incentivos para un uso razonable a través de la política tarifaria”.^{PAA}

“Si bien los derechos humanos no tienen deberes humanos correlativos, cuando hablamos de derechos ciudadanos debemos concretar los correspondientes deberes ciudadanos. La clave está en fijar políticas tarifarias que redistribuyan los costes, desde criterios de equidad, entre los distintos estratos sociales, encareciendo los tramos altos de consumo, vinculados a usos suntuarios o abusivos. En todo caso, la tarifa, más que un castigo, debe ser entendida como un ejercicio de responsabilidad ciudadana y una herramienta de pedagogía colectiva e individual. Las subvenciones indiscriminadas privilegian a los grandes consumidores e inducen actitudes irresponsables en el conjunto de la ciudadanía”.^{PAA}

“Tomar conciencia del consumo individual un asunto educativo y de sensibilización, pero los excesos tienen que controlarse por la vía económica”.^{JCL}

“Se debe poner en práctica el derecho humano a una cantidad mínima de agua para todos los mexicanos y después de esa cantidad se tiene que pagar pero, para el caso de la Ciudad de México, el precio debe ser muy caro a fin de restaurar el equilibrio ecológico de la cuenca y el acuífero, así como el de las cuencas y acuíferos aledaños”.^{JCL}

Además, “el subsidio generalizado tiene muchos inconvenientes, ya que al compensar a los más pobres de manera que tengan acceso al agua sin que grave demasiado sus ingresos, también se subsidia a estratos sociales que sí tienen la capacidad de pago”.^{ANR} “Las tarifas tienen una doble función: por un lado recaudan y por otro le envían una señal a los consumidores acerca de la escasez del agua y del costo del servicio”.^{GSM}

Por otra parte, la zonificación de las tarifas se considera un acierto, ya que permite canalizar los subsidios en mayor forma a los sectores desprotegidos sin dejar de fijar tarifas bajas también para usuarios residenciales que moderan su consumo. En estos casos existe un cierto subsidio cruzado en el precio del agua en la Ciudad de México: las tarifas de agua —que en sentido estricto son derechos fijados por la Asamblea Legislativa del Distrito Federal y no tarifas determinadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México— son diferenciadas entre las zonas de alto nivel económico, de nivel medio y las populares.

“La idea de establecer tarifas por zona tiene mucha aceptación en países como México, que no enfrentan los países desarrollados donde los ingresos tienen menos contrastes. En la Ciudad de México existen muchos contrastes y grandes diferencias en las capacidades de pago. Por ello, no son aplicables muchos de los estudios que se han hecho en Estados Unidos o en Europa sobre este tema de demanda de agua y precios. Ahí difícilmente se va a plantear la idea de poner subsidios”.^{GSM}

“La zonificación en el escritorio no va a ser perfecta, aunque se tenga mucha información, entonces se requiere ir ajustando la zonificación para llegar incluso a nivel de predio por predio en ciertas zonas. Hay colonias muy homogéneas pero hay otras que no lo son”.^{GSM}

Finalmente, hay que tener en cuenta que el tema de cantidad y calidad también puede llegar a intervenir en los criterios de cobro. “El reto en una ciudad como ésta es que es sumamente heterogénea, a nivel ingreso y en el tipo de servicio que se recibe, entonces ahí tenemos una doble complejidad”.^{GSM}

“En una ciudad heterogénea en los ingresos, la tarifa tiene que ir aparejada a la calidad del servicio de agua potable que recibe”.^{GSM} “Hay que cobrar en serio, pero vinculado a la calidad, que la gente sienta que está pagando por un servicio que conoce y entiende por qué cuesta eso”.^{MPC} “Para establecer una tarifa diferenciada de acuerdo con la calidad del servicio se requiere información pública que sustente las diferencias”.^{BJC}

^{ANR} Adalberto Noyola Robles

^{PAA} Pedro Arrojo Agudo

^{JCL} Julia Carabias Lillo

^{GSM} Gloria Soto Montes de Oca

^{MPC} Manuel Perló Choén

^{BJC} Blanca Jiménez Cisneros

GESTIÓN INTEGRAL

Solo es factible alcanzar las eficiencias requeridas para atender la problemática de una ciudad tan compleja como la Ciudad de México, con la implementación de una gestión integral donde se involucre la atención de todos los renglones de la agenda. Se deben abordar todos los aspectos involucrados en la provisión de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como los servicios de drenaje pluvial, tratamiento de las aguas residuales, reúso de aguas tratadas, y disposición final de las aguas servidas. Adicionalmente debe incluirse temas como captación de agua de lluvia, infiltración de agua al acuífero, la sectorización, la macro y micromedición y los sistemas comerciales.

En particular, se requiere reducir el agua no contabilizada y cobrar la tarifa justa, ya que “se continúa utilizando el agua disponible de manera ineficaz, y por ello la gestión integral es importante, particularmente el manejo físico del agua. Todas las acciones para recuperar el agua que se fuga, que no se factura o que no se cobra es una tarea que debería tener prioridad en todas las zonas metropolitanas de gran tamaño”.^{FMP}

Se requiere consistencia en las políticas públicas del Sistema de Aguas de la Ciudad de México. La solución de los problemas del agua implica el largo plazo, y “lograr eficiencia es improbable si no existe continuidad en sus acciones. Por tanto, la gestión integral debe estar enfocada sólo al agua no contabilizada, sino que tiene que abordar la macro y micromedición, la rehabilitación de las redes, la atención a los usuarios y el cálculo de las tarifas, en virtud de que es imprescindible cubrir los costos de la provisión de los servicios”.^{RVC}

Ahora bien, para tener una claridad sobre el rumbo, los resultados de las gestiones y las necesidades de reforzar o no en algunas áreas, es necesario “contar con indicadores

de desempeño, ya que en función su avance se deben planear los objetivos, estrategias y acciones futuras”.^{FGV}

Obvio decir que el personal es el activo más valioso de un organismo operador, por ello resulta importante crear un servicio profesional de carrera. “Hace 25 o 30 años era una asunto que no se mencionaba, pero es necesario crearlo. El personal debe capacitarse para que cumpla con los estándares de competencia laboral requeridos y, de esa manera, cuando un empleado salga podrá ser suplido con una persona calificada, dentro del organismo, que posea el estándar correspondiente”.^{RO}

Por ello, es necesario trabajar en el desarrollo de las capacidades, ya que “la rotación frecuente del personal y las circunstancias institucionales adversas raramente estimulan o incentivan el servicio civil de carrera, tan necesario para prestar un servicio de calidad”.^{RO}

Un organismo operador descentralizado debe basar sus acciones en las necesidades de sus clientes, los cuales “requieren un buen servicio, continuo las 24 horas del día, con la presión suficiente para prescindir de una bomba de agua, con agua potable a un precio justo y, los de mayor conciencia ecológica, además esperan que se reparen las fugas que reportan. Se requiere adecuar el objetivo y los procedimientos de cada departamento en la visión del consumidor final, que se debe hacer para satisfacer sus necesidades”.^{JSS}

Complementariamente, es necesario desplegar un trabajo de comunicación social claro para que los usuarios conozcan el trabajo que hay detrás del grifo. “En el Distrito Federal se requiere diseñar un excelente equipo de comunicación social de tal manera que cuando se vaya a actuar en alguna colonia, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México haga presencia en la zona, hable con los usuarios, lleve láminas e informe lo que se va a hacer

^{FMP} Francisco Muñoz Pereyra

^{RVC} Ramón Vila Cruz

^{FGV} Fernando González Villarreal

^{RO} Roberto Olivares

^{JSS} Jorge Saavedra Shimidzu

la interacción con los interesados es el que da legitimidad a las obras que se hacen para satisfacer las necesidades de la población que se está sirviendo”.^{ERB}

La manera de tratar a los usuarios es de suma importancia, ya que “para lograr su satisfacción y allegarse su voluntad de pago, en ocasiones es necesario explicarle al cliente la razón del porqué no se le puede dar gusto, pero siempre debe tener la certeza de que se le escuchó con suma atención. Toda el personal que atiende al público, incluidos los telefonistas, requieren estar preparados para conocer los problemas de los usuarios y ofrecerles una solución. Un paso adicional es que los usuarios califiquen la atención que recibieron, de tal manera que el personal sepa que se le va a calificar, y de esa manera la actitud cambia y se aproxima a una vocación de servicio que en mucho contribuye a mejorar la disposición de pago de los usuarios”.^{ERB}

Por otra parte, existen ciertas acciones rutinarias que pueden encargarse terceros, siempre y cuando se disponga de personal que pueda controlarlos y vigilarlos, ya que “se puede subcontratar la facturación, la medición, la perforación de pozos, el mantenimiento de las plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales, sin perder el control de la orientación de las políticas públicas”.^{FGV}

Finalmente, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México siempre debe ir a la vanguardia de tecnología, porque “requiere tener un esquema en donde día con día se asimilen las tecnologías que surgen y requieren personal especializado para su instrumentación. No sólo es un principio de orden que la gente operativa lo haga con calidad sino que también tenga la garantía de una certificación”.^{RO}

^{ERB} Emiliano Rodríguez Briceño

^{FGV} Fernando González Villarreal

^{RO} Roberto Olivares



Vista panorámica de la planta de tratamiento de aguas combinadas Cerro de la Estrella.



EXPERTOS ENTREVISTADOS



FELIPE ARREGUÍN CORTÉS

Ingeniero Civil, Maestría y Doctorado en Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es Subdirector General Técnico de la Comisión Nacional del Agua. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores Nivel II. Director del Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Ha laborado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y en la Organización de las Naciones Unidas. Cuenta con 194 publicaciones nacionales e internacionales. Entre las distinciones académicas que ha recibido están el Premio Enzo Levi a la Investigación y Docencia Hidráulica 1996, AMH. Premio Javier Barrios Sierra al mejor libro de Ingeniería Civil (Obras de Excedencia). Best Theoretical Paper Award for 2002, otorgado por la ASCE, Journal of Water Resources Planning and Management.



PEDRO ARROJO AGUDO

Nace en Madrid en 1951, se traslada a Zaragoza en 1969 a seguir sus estudios de Física de los que se graduó en 1973. Es Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza. Actualmente es Profesor Titular del Departamento de Análisis, Económico en Zaragoza. Su investigación está centrada desde hace 15 años en la Economía del Agua. Arrojo ha sido el primer español en recibir el Premio Goldman en la categoría Europa. Como presidente de los dos primeros Congresos Ibéricos sobre Planificación y Gestión de Aguas (Zaragoza-1998; Oporto-2000) ha sido el editor de los libros. El agua a debate de la Universidad: hacia una nueva cultura del agua: 1er. Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas.



GABRIEL AUVINET GUICHARD

Reside y trabaja en México desde 1966. Se graduó de Ingeniero civil en la École Spéciale des Travaux Publics, de París, en 1964. Obtuvo el grado de doctor en Ingeniería en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1986, es profesor de esta misma División de Estudios de Posgrado desde 1968. Ha sido presidente de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (1991-1992), ha recibido distintos premios y reconocimientos incluyendo el Premio Larivière, del CNAM de París, de Ingenieros civiles de México y el Premio Lieberman de Ingeniería Civil de la Ciudad de México en 2010. Actualmente es vicepresidente por Norteamérica de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica.



ALFONSO CAMARENA LARRIVA

Ingeniero egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Director General de Fypasa Construcciones. Director General de Infraestructura Urbana SEDUE, Director General de la Comisión Estatal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de San Luis Potosí, Asesor técnico de la contraparte mexicana en las negociaciones para el proyecto Planta Binacional de Aguas Negras, San Diego-Tijuana. Catedrático de la Maestría en Hidrología Subterránea de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Investigador asociado en estudios Geohidrológicos en la Universidad Autónoma de Chihuahua, Catedrático de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional.



FRANCISCO G. CANTÚ RAMOS

Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Ingeniero en Salud Pública por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Coordinador Técnico de Municipios Foráneos en el Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (1996-1997). Director de Obras Viales, Director de Ingeniería, Construcción y Obras Viales, Director de Construcción, Subsecretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Nuevo León. Calculista Estructural y Residente de Obras de Constructora Sepúlveda. Residente de obra civil en la construcción de la planta de Armadora de Automóviles Borward. Director de Operación en Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (de 1997 a la fecha).



JULIA CARABIAS LILLO

Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México, donde fue integrante del Consejo Universitario (1989-1993). Fue Presidenta del Instituto Nacional de Ecología y fungió como Secretaria de Recursos Naturales y Pesca de 1994-2000. Recibió el Premio Internacional Cosmos 2004 por sus investigaciones y logros en el campo de la defensa del medio ambiente (fue elegida entre 122 candidatos de 19 países). Se ha hecho acreedora a innumerables premios nacionales e internacionales por su labor en defensa del ambiente. Recibió un premio por 3.8 millones de pesos que donó para crear el Centro Latinoamericano de Capacitación para la Conservación de la Biodiversidad en la región de la Selva Lacandona de Chiapas. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores.



ANTONIO CAPELLA VIZCAÍNO

Licenciatura en Ingeniería Civil, Maestría en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Estudios de Matemáticas Aplicadas en la Escuela Politécnica de Grenoble, Francia. Profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM durante veinticinco años (1958–1985). Trabajó en la sección de Obras Hidráulicas en la Escuela Técnica Superior de Munich, Alemania (1965). Investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Subdirector del Plan Nacional Hidráulico (1972–1973). Subdirector del Instituto de Ingeniería de la UNAN (1973–1976). Subgerente de Ingeniería Básica en la Comisión Federal de Electricidad (1977–1982). Subdirector General de la Comisión Nacional del Agua. Asesor del Director de la Comisión Nacional del Agua (1993–2004). Actividades de Consultoría Privada (de 1996 a la fecha). Asesor del Instituto de Ingeniería de la UNAM (de 2005 a la fecha).



RAFAEL BERNARDO CARMONA PAREDES

Egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México. Recibió el título de Físico en 1978, el grado de Maestro en Ingeniería (Control) en 1983 y el de Doctor en Ingeniería Mecánica en 1992, con mención honorífica. Actualmente ocupa el puesto de Gerente de Coordinación Técnica en la Coordinación de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México. Desde 1979 es profesor en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde ha participado activamente en la formación de recursos humanos a nivel licenciatura, maestría y posgrado. Durante el año 2000 realizó una estancia como Profesor Invitado en la Universidad de Cranfield, Inglaterra, donde trabajó en el tema de Confiabilidad en Sistemas de Ingeniería Gestión de Riesgo.



MANUEL JOSÉ CASTELLANOS CERVERA

Licenciado en Derecho, egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ocupó diversos cargos en la Dirección General de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Director General de Asuntos Jurídicos de la Unidad de Desregulación Económica, en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Director General Adjunto de Administración y Sistemas del Servicio de Administración de Bienes Asegurados, donde fue responsable de los procesos de Administración de recursos humanos, financieros y materiales. Subdirector y Director Jurídico respectivamente de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) de 1995 a 1998 y del 2000 al 2007. Consultor Jurídico independiente a partir del 2007. Coautor de la obra *La modernización del Derecho Mexicano*, Editorial Porrúa, 1994.



RUBÉN CHÁVEZ GUILLÉN

Obtuvo el título de Ingeniero Civil y cursó la maestría en Hidráulica, en la Universidad Nacional Autónoma de México. De 1968 a la fecha ha desempeñado diversos cargos en el sector público, casi todos relacionados con el estudio, desarrollo y manejo de las aguas subterráneas. Actualmente ocupa el cargo de Gerente de Aguas Subterráneas de la CONAGUA. De 1969 a 1989 colaboró en la División de Estudios de Posgrado de Ingeniería de la UNAM, donde impartió diversas materias relacionadas con el agua subterránea, diversos temas de Geohidrología y disciplinas afines. Ha publicado numerosos estudios y artículos sobre las mismas materias. De 1988 a 1994 fue presidente de la Asociación Geohidrológica Mexicana. Es miembro activo del Colegio de Ingenieros Civiles de México y de la Academia Mexicana de Ingeniería, entre otras agrupaciones gremiales.



RAMÓN DOMÍNGUEZ MORA

Ingeniero Civil, Maestría y Doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha trabajado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM por varios años y dos años estuvo comisionado en la antigua Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal como Director Técnico, sus investigaciones se han enfocado sobre todo a la Hidráulica Urbana, muchos de sus trabajos realizados han servido para la Construcción de grandes obras, por ejemplo: los vertedores de las presas Chicoasén y la Angostura, así como obras de drenaje en el Valle de México, estas labores se desarrollan conjuntamente con la CFE, CNA, GDF y Gobierno del Estado de México.



CARLOS GAY GARCÍA

Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional Autónoma de México. Doctorado en Astrogeofísica, Universidad de Colorado, Boulder. Profesor de Física, Universidad la Salle, 1970. Profesor de la Facultad de Ciencias de 1979 a la fecha. Actualmente es el Coordinador del Programa de Investigación en Cambio Climático en la Universidad Nacional Autónoma de México, del Centro Virtual del Cambio Climático de la Ciudad de México y del Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Presidente del Consejo Consultivo de Cambio Climático de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, miembro del Subcomité Académico COP 16. Ha publicado diversos libros y artículos arbitrados, ha dirigido 14 tesis tanto en licenciatura como en posgrado. Es doctor en Astrogeofísica por la Universidad de Colorado en Boulder.



FERNANDO GONZÁLEZ VILLARREAL

Es director de PUMAGUA, así como investigador y profesor del Instituto de Ingeniería de la UNAM desde 1968. Su línea de investigación y sus actividades profesionales se centran en la regulación de los servicios, saneamiento y manejo integral del agua. Obtuvo el grado de doctor en Ingeniería en la Universidad de Berkeley, Estados Unidos. Director General de la Comisión Nacional del Agua de 1988 a 1994. Asimismo ha trabajado como asesor y consultor privado para el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, entre otros. Fue Presidente del Colegio de Ingenieros Civiles, de la Asociación Mexicana Hidráulica, miembro de número de la Academia Mexicana de Ingeniería, miembro del Consejo Consultivo de la Sociedad Mexicana de Ingenieros y del Global Water Partnership. Obtuvo el premio Warren Fuller de la AWWA.



LUIS MANUEL GUERRA GARDUÑO

Químico por la Universidad Nacional Autónoma de México con especialidad en residuos peligrosos en Berlín. Realizó las primeras mediciones independientes de calidad del aire en la Ciudad de México y creó en 1988 "Un día sin auto", el primer programa voluntario de restricción al uso del automóvil. Es miembro fundador del Leadership Development, programa de la Fundación Rockefeller. Desde 1995 conduce el programa científico Ciencia 3 X 7, en Radio Red, con Julieta Fierro, y Zona Verde, programa sobre medio ambiente de mayor permanencia en la radio.



GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS

Ingeniero Civil, egresado en 1960, con especialidad en Hidráulica, con mención honorífica en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Realizó diversos cursos de estructuras en la División de Estudios de Posgrado de la UNAM en los años 1962 a 1963. Director General de Obras Hidráulicas; Director Ejecutivo de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Director General de la Comisión Federal de Electricidad. De la Compañía de Luz y Fuerza del Centro. Director del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Director General de la Comisión Nacional del Agua de 1994 a 2000. El Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C., le otorgó el Premio Nacional de Ingeniería Civil en 2007. En 2009 fue nombrado Académico de Honor de la Academia de Ingeniería.



ÓSCAR JORGE HERNÁNDEZ LÓPEZ

Ingeniería y Maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. De 1979 a 1998 se desempeñó como Jefe de Departamento de Proyectos de Drenaje, Subdirector de Ingeniería y Director Técnico de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Distrito Federal. En el año 1998 al mes de agosto de 2012 ocupó los cargos de Director del Sistema de Información y Seguridad Hidráulica, Director General de Infraestructura Hidráulica y Vocal Ejecutivo de la Comisión del Agua del Estado de México, Subsecretario del Agua y Obra Pública del Gobierno del Estado de México. Vocal de la Asociación Mexicana de Hidráulica y Consejero de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento.



BLANCA JIMÉNEZ CISNEROS

En 1980 se tituló en Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Maestría, doctorado y postdoctorado del Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Francia, en tratamiento y reúso de agua. Reingresó a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1980. Desde 1987 imparte diversos cursos de licenciatura en la UNAM (Contaminación ambiental y sistemas de mejoramiento ambiental). Posee más de 130 artículos y libros de circulación internacional y 170 de circulación en México principalmente. Actualmente es Investigadora Titular C de tiempo completo del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Especialidad: Tratamiento y reúso de agua; tratamiento y manejo y disposición de lodos.



DAVID KORENFELD FEDERMAN

Egresado de la facultad de Derecho de la Universidad Anáhuac. Realizó estudios de posgrado en la misma casa de estudios, es Maestro y Doctor en Administración Pública. Ha sido docente titular de diversas asignaturas tanto a nivel licenciatura como posgrado. Regidor y Presidente Municipal del Ayuntamiento de Huixquilucan. Secretario de Agua y Obra Pública del Estado de México de 2006 a 2011. Presidió la Comisión de Agua, drenaje y alcantarillado metropolitano. Ha sido reconocido como un líder de opinión en materia de agua. Gobernador del Consejo Mundial del Agua, escribió el libro *Agua: armonía, equilibrio y desarrollo*. Presidente de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México del 2007 al 2012. Coordinador del Comité de Transición en materia de agua del Gobierno de la República en 2012.



ADRIÁN LOMBARDO ABURTO

Es Ingeniero Civil egresado de la Universidad Iberoamericana. Cursó la Maestría en Administración en el Instituto Tecnológico Autónomo de México. Se especializó en Japón en Construcción Mecanizada de Túneles. Ocupa el cargo de Director General del Consorcio "Constructora Mexicana de Infraestructura Subterránea. Ha participado en diversos proyectos subterráneos, entre los que destacan las siguientes: Colector semiprofundo de Iztapalapa, Línea 7 del Metro de la Ciudad de México, Línea 9 del Metro de la Ciudad de México y otras más. Ha ejecutado un sinnúmero de tratamientos en suelos y rocas, utilizando mallas, fibras, geotextiles, concreto lanzado, anclaje, inyecciones y drenes. Es miembro del Colegio de Ingenieros Civiles de México, en el que ha ocupado el cargo de Vicepresidente Técnico.



ROBERTO MELI PIRALLA

Egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es Investigador Emérito del Instituto de Ingeniería de la misma UNAM, donde coordina el Posgrado de Ingeniería Sísmica. Se hizo acreedor al Premio Nacional de Ingeniería Civil 2011, otorgado por el Colegio de Ingenieros Civiles México. El ingeniero Meli Piralla estuvo a cargo de la Dirección General del Centro Nacional de Prevención de Desastres de 1995 a 2000. También ha trabajado en la recuperación de edificios históricos del Centro Histórico de la Ciudad de México. Ha escrito distintos libros y una gran cantidad de artículos técnicos sobre temas de ingeniería estructural, pero en particular de estructuras de concreto, mampostería, ingeniería sísmica y rehabilitación de edificios históricos.



FEDERICO MOOSER HAWTREE

Estudió Geología en Zurich, Suiza, colaboró como geólogo de exploración minera en África. Fue Jefe de Geólogos de la Comisión Federal de Electricidad, entre 1960 y 1980. Geólogo de la Nucleoeléctrica Laguna Verde, entre 1980 y 1990. Geólogo Consultor del Distrito Federal desde 1980 a la fecha, así como de la DGCOH, la comisión del Agua, la Comisión Federal de Electricidad y de innumerables empresas de consultoría y construcción tanto mexicanas como de Centro y Sudamérica. Autor de numerosos artículos técnicos entre los que destacan el Manual COVITUR y el Nuevo Mapa Geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla, además ha participado en conferencias, congresos y simposios tanto en México como en el extranjero.



FRANCISCO MUÑOZ PEREYRA

Ingeniero Civil desde 1994. 17 años de experiencia en el sector Hidráulico. Gerente Operativo y Director General del Organismo Operador de Matehuala, San Luis Potosí de 1995 al 2003. Presidente del Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero Cedral-Matehuala, S.L.P. Director General del Organismo Operador Intermunicipal de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, Interpas, del 2003 a la fecha. Vicepresidente del Cotas del Valle de S.L.P. Vocal propietario representante del uso Público Urbano en el Consejo de Cuenca del Altiplano. Vicepresidente de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México. Presidente de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, ANEAS, de abril de 2012 a la fecha.



ADALBERTO NOYOLA ROBLES

Estudió Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco en México D.F. (1976-1980). Maestría y Doctorado en Ingeniería de tratamiento de aguas residuales en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) de Toulouse, Francia (1981-1985). En 1987 se incorporó como investigador en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Ha desarrollado una intensa actividad gremial: Vicepresidente y Presidente de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C. (1994-1996). Presidente de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (FEMISCA) A.C. (1997-1998) y Presidente de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS) para el bienio 2006-2008, asociación continental con más de 10,000 socios en 24 países (julio de 2010). Actualmente es Director del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México.



ROBERTO OLIVARES

Director Ejecutivo de ANEAS. Ingeniero Civil por la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Maestría en Administración Pública (IANP). Ha realizado estudios de posgrado en comunicación Social, Finanzas Públicas y Administración de Recursos Humanos. Inició sus actividades en el Servicio Público en la Subsecretaría de Mejoramiento de Ambiente de la SSA. Pertenece al Colegio de Ingenieros Civiles de México. Fungió como Director Ejecutivo de la Federación de Colegios de Ingenieros Civiles.



MANUEL ORTIZ GARCÍA

Secretario del Agua y Obra Pública del Estado de México, desde 2011. Ingeniero civil egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México. Desarrolló sus principales actividades en la Secretaría de Recursos Hidráulicos. En el Gobierno del Estado de México desempeñó diversos puestos. Fue director de Estudios y Proyectos de la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento. Subsecretario de Infraestructura Hidráulica, vocal ejecutivo de la Comisión del Agua del Estado de México, subsecretario de Equipamiento Urbano, Secretario de Comunicaciones y Director General del Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Servicios Conexos y Auxiliares. Es miembro de la Sociedad Mexicana de Ingenieros, de la Asociación Mexicana de Ingenieros, de la Asociación Mexicana de Hidráulica y del Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de México.



MANUEL PERLÓ COHEN

Licenciado en Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Doctorado en Planeación Urbano-regional Universidad de California, Berkeley. Miembro del SNI, Director del Programa Universitario de Estudios Sobre la Ciudad (UNAM) de 2000 a 2009; Secretario Ejecutivo del Consejo Mexicano de Ciencias Sociales A.C. de 1991 a 1995; Visting Scholar Universidad de California, Berkeley en 2010 y recibió en 2010 la Condecoración de la Orden de Orange-Nassau, del Gobierno del Reino de Los Países Bajos. Pertenece al Consejo del Instituto Interno de Investigaciones Sociales de la UNAM desde 2012. Autor de los libros *Guerra por el agua de la Ciudad de México* y *Paradigma Porfiriano, Historia del Desagüe del Valle de México*. Actualmente es Investigador Titular Nivel C del Instituto de investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de México.



LUIS ROBLEDO CABELLO

Ingeniero Civil y Maestría en Planeación por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor en la Facultad de Ingeniería y en la División de Estudios de Posgrado, de la UNAM. En la Secretaría de Recursos Hidráulicos y CONAGUA ocupó diversos puestos entre los que destacan: Director del Programa de Agua Potable, Director de Usos del Agua, Director General de Estudios, Vocal Ejecutivo de la Comisión de Aguas del Valle de México. Subsecretario de Infraestructura Hidráulica. Dirigió la planeación, estudios, proyectos, construcción, operación y mantenimiento de varios acueductos entre los que destaca el Acueducto Cutzamala y Acueducto Linares en Monterrey, N.L. Actualmente es consultor en materia de agua, transporte y energía. Director General Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, S.A de C.V.



EMILIANO RODRÍGUEZ BRICEÑO

Ingeniero civil con vasta experiencia en el sector agua, especialmente en agua potable y saneamiento desde hace 35 años. Director General del Sistema de Agua Potable de León, Guanajuato (SAPAL). Consultor para instituciones internacionales como el Banco Mundial y la Organización Mundial para la Salud para la que fue consultor en varios países de Latinoamérica. Vocal Ejecutivo de la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro. Asesor de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Jalisco y de la Comisión Estatal de Agua de Guanajuato. Subdirector de Obras Especiales de la Dirección General de Infraestructura Urbana de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno Federal. Desde 2007 es vicepresidente de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS).



JORGE SAAVEDRA SHIMIDZU

Ingeniero Civil con Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UNAM. Director de usos del Agua en la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Jefe del Departamento de Estudios de Consumo y Precios de la Energía Eléctrica en la Comisión Federal de Electricidad. Coordinador de Tecnología Hidráulica Urbano-Industrial en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Gerente de Uso Eficiente del Agua en la Comisión Nacional del Agua Subsecretario de Infraestructura Hidráulica en el Gobierno del Estado de México. Director de la División Agua del Grupo Mexicano de Desarrollo (1993-2007). Actualmente es Consultor independiente. Presidente del Consejo Consultivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica. Perito en Ingeniería Hidráulica Certificado por el Colegio de Ingenieros Civiles de México.



ENRIQUE SANTOYO VILLA

Ingeniero civil y maestro en Mecánica de Suelos por la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene estudios de posgrado en la Escuela de Minas de Colorado y en la Universidad Duke de Carolina del Norte. Maestría en Mecánica de Rocas (Colorado). Maestría en Mecánica de Suelos (UNAM). Profesor de Topografía en la UNAM 1957-1962. Profesor y Jefe de la Sección de Mecánica de Suelos en la UNAM, 1968-1981. Investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM, de 1968-1981. Profesor del Departamento de Estudios de Posgrado UNAM. Ha escrito más de 75 artículos técnicos y es coautor de 6 libros. Es miembro emérito del Colegio de Ingenieros Civiles de México desde 2001. En 2004 recibió la medalla Fra Angélico. Director técnico de la empresa TGC Geotécnicas, de 1981 a la fecha.



GLORIA SOTO MONTES DE OCA

Doctorado en Ciencias Ambientales. Especialidad en Economía Ambiental. Escuela de Ciencias Ambientales. University of East Anglia. Reino Unido, octubre de 2000 a noviembre de 2003. Investigadora Honoraria del Centre for Social and Economic Research on the Global Environment-CSERGE. Directora de Análisis e Instrumentos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), marzo 2004-2005. Directora de Evaluación Financiera y Asuntos Internacionales de la Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal (de enero de 1998 a septiembre de 2000). Asistente de Investigación y Editorial. Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE). Revista *Política y Gobierno*. Ponente en el "Foro Finanzas y Administración del Agua en la Ciudad de México". Ponente en la conferencia "El Problema de Agua en México".



RAMÓN VILA CRUZ

Ingeniero Civil egresado de la Universidad Iberoamericana. Especialidad en Ingeniería Hidráulica e Ingeniería Sanitaria. Ha ocupado diversos puestos, tanto en el sector público como privado, destacando su paso por DIRAC y Eco-Ingeniería, en donde dirigió proyectos de agua potable, alcantarillado y tratamiento de agua. De 1980 a 1985 ocupó diferentes puestos en la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal, Director de Operación de 1985 a 1989. Gerente Técnico de las Empresas de agua en el Grupo ICA de 1989 a 1992. Director de Infraestructura en Bufete Industrial en 1993. Director General de TECSA en 1997. Director General de IACMEX, ACMEX, ECOAGUA y Aimsa de 2002-2010. A partir de septiembre de 2010 es nombrado Director General Adjunto de Bal-Ondeo.

EL GRAN RETO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Se terminó de imprimir en octubre de 2012, en los talleres de Offset Santiago, S.A. Av. San Joaquín 436, Ampliación Granada, 11520, México, D.F. El tiraje consta de 2,000 ejemplares, impresos sobre couché semimate de 150 gr.