

ANUARIO

2010



**Drenaje profundo en
la Ciudad de México**



M. A. Jorge Arturo Galina Macías

DRENAJE PROFUNDO EN LA CIUDAD DE MEXICO

M. A. Jorge Arturo Galina Macías

Universidad Autónoma Metropolitana, UAM-A, CYAD, Posgrado, México, D. F.
correo: jorgegalina@prodigy.net.mx

INTRODUCCIÓN

Este Capítulo es importante para poder entender los problemas actuales que sufre la Ciudad de México con respecto a la captación de agua pluvial y, en lo posible, poder controlarlos. Uno de los más relevantes ha sido las inundaciones de aguas pluviales y aguas negras. Este problema se ha repetido en diversas ocasiones debido a la extracción de agua del subsuelo, a los hundimientos que ha sufrido la ciudad, al crecimiento desproporcionado de la población de la Ciudad de México, entre otros.

Esto se ha tratado de resolver por diferentes medios, entre ellos el desalojo tanto de aguas pluviales como de aguas negras problema al que se han enfrentado desde sus orígenes los pobladores de la ciudad. La gran ciudad de Tenochtitlán ahora el Distrito Federal fue creada por una serie de lagos que se formaron por la represa de ríos, esto por la Sierra de Chichinautzin y así la Ciudad era rodeada por 5 grandes lagos los cuales eran: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco.

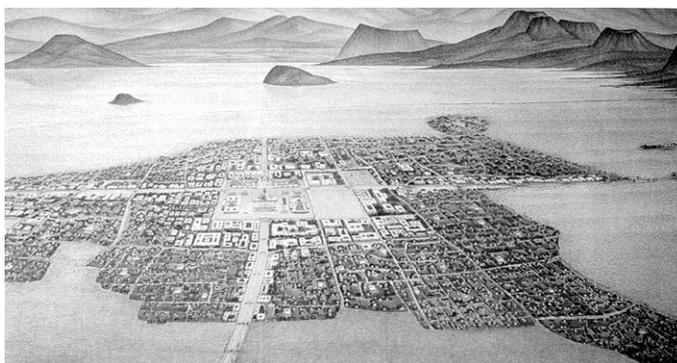


Imagen de Tenochtitlán¹

Estos 5 lagos rodeaban al Valle de México pero un problema que causaban eran sus diferentes alturas y en época de lluvias provocaban desbordamientos de unos a otros y se tenía que plantear diques para controlar estos desbordamientos y algo importante era el evitar que el lago de Texcoco con aguas salobres contaminara los otros lagos de aguas dulces, es por eso que se creó Albarradón de Netzahualcóyotl.

¹ <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.vanderbilt.edu/AnS/Anthro/Anth210/tenochtitlan.gif&imgrefur,imagen>
tomada de las paginas de internet. Esta imagen está en el dominio público pues su derecho de autor ha expirado. 8 de Diciembre del 2009.

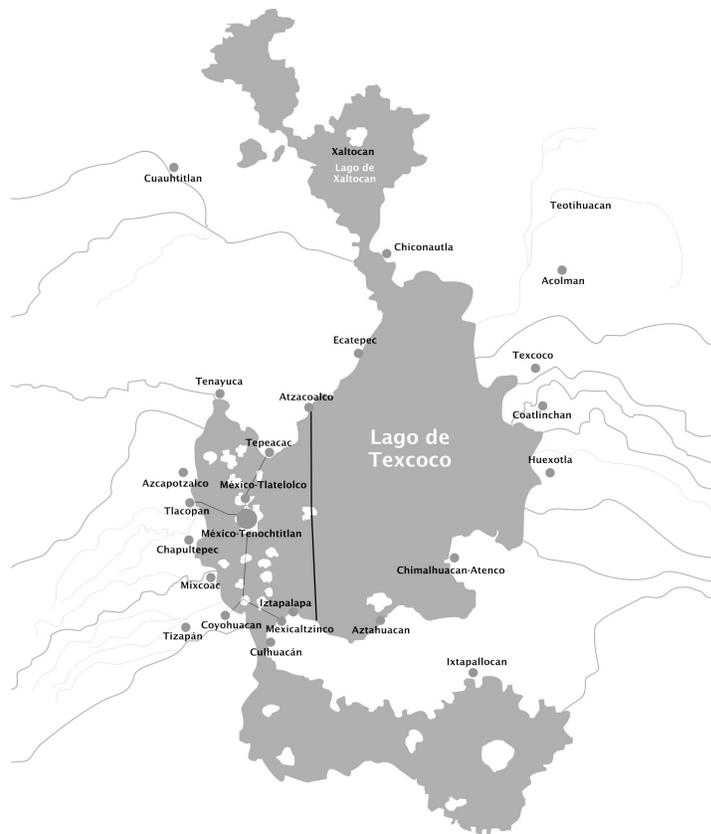


Imagen de Tenochtitlán y los 5 Lagos.²

El albarradón de Netzahualcóyotl lleva ese nombre en honor del Tlatoani Texcocano Netzahualcóyotl. Quien ideó la construcción de un dique que sirviera para controlar el nivel de las aguas del lago de Texcoco. Este fue construido con miles de horas-hombre, proporcionadas por los habitantes de los pueblos sometidos por la Triple Alianza. Es conocida como Triple Alianza o Excan Tlahtoloyan la última confederación de estados indígenas del valle de México, durante el período posclásico mesoamericano, conformada por México-Tenochtitlan, de filiación étnica nahua, Tetzcoco (castellanizado como Texcoco) de filiación Acolhua y Tlacopan de tradición otomí, luego de la derrota de Azcapotzalco por parte de estos tres señoríos en 1430. Aunque se cree que surgió en el siglo XV, en realidad su existencia es de siglos antes, siendo parte del régimen zuyuano el cual es una estructura ideológica que sustenta los gobiernos de este periodo histórico. Dicha formación política tenía repercusiones en el tributo, la impartición de justicia y las campañas militares. De hecho su existencia no se limita al altiplano mexicano, pues es conocido que otras etnias las conformaban, como los tarascos con Tzintzuntzán-Ihuatzio-Pátzcuaro, los mayas con Uxmal-Chichen Itzá-Mayapán o los mixtecos con Tilantongo-Teozacoalco-Zaachila.

² http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Lago_de_Texcoco-poscl%C3%A1sico.png&imgrefurl. Imagen bajada el 9 de diciembre del 2009.

El problema se agravo con la llegada de los españoles cuando Hernán Cortés decide trasladarse a la Cd de México y se comienza a desarrollar o reconstruir el sistema Hidráulico en la Ciudad con la reconstrucción del acueducto de Chapultepec, y como la Ciudad era una isla se tomo la decisión de construir tres calzadas para unir la tierra firme con la ciudad, pero omitiendo la restauración con el albarradón, este descuido fue lo que ocasiono el desecamiento de la ciudad ya que los lagos no eran de gran profundidad y en épocas de sequia no se almacenaba el agua y de esta forma se fueron secando los lagos de la ciudad, y agregando la clausura de algunos de los canales que surtían de agua a la ciudad, y la intención de los conquistadores era eliminar el agua de la ciudad para poder hacer más fácil la conquista y eliminar todos los templos construidos por los indígenas en aquella época.

La sequia de estos lagos y la falta de infraestructura de la eliminación de los desechos de aguas negras, crearon un cambio radical en la ciudad, después de ser un gran paraíso natural tuvieron problemas de malos olores, infecciones y la creación de un drenaje para sacar de la ciudad las aguas negras, pero este plan fue muy lento ya que al retirarse el nivel de aguas de los lagos que era algo de lo que más preocupaba a los españoles no fue de gran importancia el sistema de drenaje.

Otro problema que aqueja a la ciudad de México son las constantes inundaciones que ha sufrido a través de los años han sido construido por los hombres la desviación de los ríos para evitar estas inundaciones como el Tajo de Huehuetoca y Nochistongo, esto es en el Estado de México para desviar el rio de Cuautitlán, para poder entender o profundizar más tenemos que analizar un poco sobre la Orografía de la ciudad de México.



Imagen del Tajo de Nochistongo.⁵

5 http://images.google.com.mx/images?hl=es&rlz=1R2TSNA_en&um=1&sa=1&q=imagen+del+tajo+de+nochistongo&btnG=Buscar&aq=f&oq=&start=0 Tomada por jpg - www.abstractatus.com/.../tajoNochistongo1898.jpg. Bajada de internet el 8 de Diciembre del 2009.



Imagen del Tajo de Nochistongo.⁶

LA GEOGRAFÍA DEL VALLE DE MEXICO

Con Información publicada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el territorio del Distrito Federal se localiza en la provincia geológica de Lagos y Volcanes del Anáhuac.

El límite Norte del Distrito Federal está dado por la Sierra de Guadalupe del que forma parte el cerro del Tepeyac . Hacia el centro oriente del Distrito Federal se localiza la sierra de Santa Catarina, una cadena de volcanes apagados cuyo punto más alto es el volcán de Guadalupe o el Borrego, que se eleva 2780 metros sobre el nivel del mar. En algunas descripciones de la geografía capitalina se suele incluir al cerro de la Estrella como parte de la sierra de Santa Catarina.

La plenitud del valle de México, en el que se asienta la mayor parte de los habitantes del Distrito Federal sólo es interrumpida por pequeñas lomas y cerros, de los cuales destacan el peñón de los Baños, localizado cerca del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Más al sureste, en la salida a Puebla, se levanta el peñón Viejo.

En el Poniente de la ciudad se levanta el cerro de Chapultepec. Es un pequeño monte que marca el inicio de las serranías que recorren desde el oeste hasta el sureste el Distrito Federal, y separan al valle de México de los valles de Toluca y de Morelos.

⁶ http://images.google.com.mx/images?hl=es&rlz=1R2TSNA_en&um=1&sa=1&q=imagen+del+tajo+de+nochistongo&btnG=Buscar&aq=f&oq=&start=0, Tomada por jpg - www.abstractatus.com/.../tajoNochistongo1898.jpg. Bajada de internet el 8 de Diciembre del 2009.

LA HIDROLOGÍA

Es un tema que nos aqueja ya que la escasez de agua en la ciudad es muy grave y de igual manera son las inundaciones, entonces la pregunta sería, ¿fue buena decisión el haber secado la Ciudad y desviar los ríos y lagos?, esta pregunta es de gran controversia, ya que ya se secó y han sufrido grandes conflictos, como falta de agua, hundimientos de tierras, inundaciones y muchos más problemas.

Como se hace mención, una buena parte del territorio del Distrito Federal fue ocupado por el sistema de lagos de la cuenca de México. Esta se formó hace más de un millón de años con la aparición de la Sierra de Chichinauhtzin, que represó a los ríos que corrían hacia el sur y produjo que las aguas se acumularan formando un gran lago; posteriormente, la cuenca fue abierta por obra del ser humano a través de la construcción de los tajos de Huehuetoca y Nochistongo, en el Estado de México, para desviar al río Cuautitlán que era el que causaba las inundaciones en aquella época. La decisión de desecar el sistema lacustre fue tomada durante la época virreinal.

Aunque estas obras se realizaron como consecuencia de la inundación de 1629, fueron incapaces de evitar que la ciudad de México se anegara en repetidas ocasiones entre los siglos XVII y XVIII.

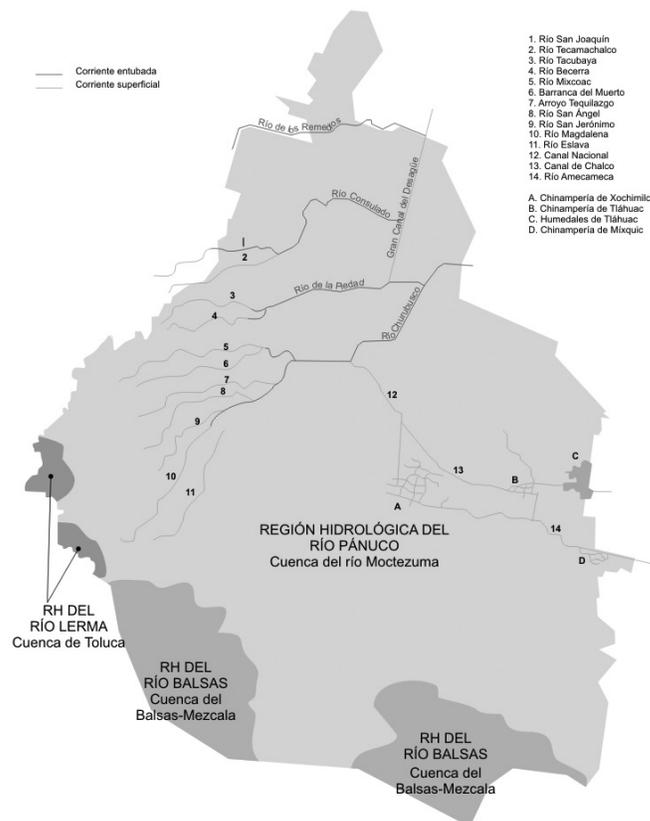
El 17 de marzo de 1900, el presidente Porfirio Díaz inauguró el Sistema de Desagüe del Valle de México, que continúa en funciones e impide el crecimiento de los cuerpos de agua en el suelo capitalino. Los últimos remanentes de los cuerpos de agua son los sistemas de canales que riegan la chinampería de Xochimilco y Tláhuac, así como los humedales de Tláhuac.

A partir de la construcción de las grandes obras que tenían como propósito la desecación de los lagos, la cuenca de México quedó integrada artificialmente por medio tanto del Gran Canal del Desagüe como por el río Cuautitlán, a la cuenca del río Moctezuma, que forma parte de la región hidrológica del río Pánuco.

La explotación de los recursos hídricos con propósitos de consumo humano e industrial provocó la desaparición de los manantiales de las zonas aledañas. Durante el siglo XIX, desaparecieron los manantiales de Chapultepec. En el siglo XX, muchos de los manantiales de Xochimilco y Atlapulco fueron canalizados para abastecer de agua al centro de la ciudad hasta su agotamiento. Desde de la década de 1980, los canales de Xochimilco, Tláhuac y Míxquic son alimentados con aguas tratadas de la planta del cerro de la Estrella.

El agua de los ríos que aún bajan al Distrito Federal es conducida al lago de Texcoco o al Gran Canal del Desagüe para ser drenada hacia el Golfo de México, a través del sistema Tula-Moctezuma-Pánuco. Los únicos cursos de agua que sobreviven en la entidad federativa nacen en la sierra de las Cruces o en el Ajusco, y son de poco caudal.

Muchos de ellos corren entre barrancas que han sido ocupadas por asentamientos humanos, lo que pone en peligro tanto a los habitantes como a los ecosistemas asociados al río. Ejemplos de estos ríos son: San Joaquín, Tacubaya, San Ángel, Barranca del Muerto, Los Remedios, Río Hondo, Mixcoac, Magdalena, etc. El más largo de estos ríos es el Magdalena, que corre por el área protegida de Los Dínamos, antes de ser entubada y desembocar en el río Churubusco.



Mapa hidrológico del Distrito Federal de México.⁸

El problema de las inundaciones en el Valle de México es viejo, la capacidad de los ingenieros para encontrar soluciones⁹ al respecto, se ha cuestionado, tal vez con razón, que el lago original se haya venido eliminando para dar lugar a una ciudad cada vez más grande, pero hasta ahora la decisión ha sido siempre tratar de resolver los problemas de inundaciones (y otros muchos) sin frenar el crecimiento de la ciudad.

⁸ http://images.google.com.mx/images?hl=es&rlz=1R2TSNA_en&um=1&sa=1&q=imagen+mapa+hidrologico+del+df&btnG=Buscar&aq=f&oq=&start=0,Category:Maps of Distrito Federal.

⁹ MEMORIA de las obras del SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO del DISTRITO FEDERAL. Secretaría de Obras y Servicios del Departamento del Distrito Federal. México. 1975 "Hidráulica Urbana". Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal.

En 1604, la ciudad sufrió grandes inundaciones que persistieron durante meses, dado que, en la cuenca cerrada, la única salida del agua era por evaporación. Se decidió entonces construir una salida artificial para drenar los excedentes hacia la cuenca del río Tula. Para ello se intentó construir el canal de Huehuetoca y cruzar el parte aguas mediante un túnel de cerca de 7 km de longitud, bajo el sitio conocido como Nochistongo, que descargaría al río Tula. Las obras se iniciaron en 1607 y su desarrollo tomó casi dos siglos, debido a diversos problemas técnicos y burocráticos. En ese lapso se produjeron varias inundaciones de gran magnitud, dentro de las que destaca la de 1629-1635, en la que se estima murieron 30 000 personas y que un número similar de españoles salieron de la ciudad. La catástrofe fue tan grande que se pensó seriamente en trasladar la ciudad a otro sitio.

De las crónicas relativas a estas obras, que se presentan en un espléndido resumen en la “Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal” nota 9, puede verificarse la diferencia entre la necesidad de esas grandes obras para evitar la pérdida de decenas de miles de vidas, y la infraestructura urbana y así analizar la complejidad de realizar estas obras, que costó también muchas vidas y el uso de grandes recursos económicos. Para entender la situación que se presentaba al término de las obras del canal de Huehuetoca y el tajo de Nochistongo, es interesante la opinión de Alejandro de Humboldt, quien en 1804 opinó que “La Ciudad correrá siempre muchos riesgos, mientras no se abra un canal directo al lago de Texcoco”.

En efecto, si bien se contaba ya con una obra que permitía derivar los escurrimientos de los principales ríos del norponiente, sobre todo el río Cuautitlán, evitando que la laguna de Zumpango se desbordara hacia el lago de Texcoco y éste hacia la ciudad, no se podían controlar las aportaciones de todas las demás cuencas situadas al sur y oriente de la obra concluida. El lago de Texcoco no tenía posibilidades de descargar fuera del valle, de tal forma que ya entonces se concibió la idea de construir el “Gran Canal” o “Canal del Desagüe”. La obra de Enrico Martínez, Del desagüe del Valle de México al drenaje profundo.

Sin embargo, la obra se inició hasta 1866. Se concibió como un canal de 39.5 km, que iniciaba en el lago de Texcoco y culminaba con el túnel de Tequixquiac, de casi 10 km. La obra constituyó la segunda salida artificial para el drenaje del valle de México y fue terminada en el año 1900, con lo que se pensó que se había dado una solución definitiva a las inundaciones de la ciudad, que por aquellos años albergaba poco menos de un millón de habitantes.

El sistema funcionó más o menos bien hasta 1925, año en el que se presentaron nuevamente inundaciones de gran magnitud. En ese entonces se constató por primera vez que los hundimientos diferenciales hicieron perder su pendiente al sistema de colectores. La explicación científica del fenómeno del hundimiento y su relación con la extracción, mediante pozos, del agua del subsuelo, la dio, en 1947, el doctor Nabor Carrillo.

El crecimiento de la población se hizo explosivo a partir de 1930, para el que se calcula que la ciudad estaba habitada por un millón de personas, que se incrementaron a dos millones en 1940, tres en 1950 y más de cinco en 1960. A lo largo de esos años se construyeron miles de kilómetros de diversos conductos para el drenaje y se inició la construcción del sistema de presas para la regulación de las avenidas en el poniente de la ciudad.

A pesar de los trabajos desarrollados en esos años, entre 1941 y 1951 se presentaron inundaciones recurrentes y cada vez mayores. Así, en 1950, el periódico El Universal dice que se inundaron de agua y lodo dos terceras partes de la Ciudad de México y murieron cinco personas.

Nuevamente se trabajó en soluciones generales, dentro de las que destacan la construcción de grandes plantas de bombeo de los colectores principales al Gran Canal y el incremento sustancial de la capacidad de éste mediante la ampliación de las secciones y la construcción del segundo túnel de Tequixquiac, que se terminó en 1954.

Entre 1954 y 1967 se construyeron nuevamente 63 kilómetros de colectores, plantas de bombeo con capacidad acumulada de más de 100 m³/s, el interceptor del poniente, el entubamiento de los ríos Churubusco, de la Piedad, Consulado, etcétera, pero estas obras y otras muchas que se describen en las “Memorias del Drenaje Profundo”¹⁰, seguían resultando insuficientes por el crecimiento acelerado de la población, de la mancha urbana y, sobre todo, por el hundimiento de la ciudad.

Se inició entonces, en 1967, una nueva solución: El Sistema de Drenaje Profundo. Esta obra constaba, en el proyecto original, de dos interceptores de 5 m de diámetro y 18 km de longitud conjunta, con una profundidad que varía de 30 a 50 m. Los interceptores descargan al Emisor Profundo, de 6.5 m de diámetro y 50 km de longitud. La obra, considerada por muchos como definitiva, se inauguró en 1975.

EL DRENAJE PROFUNDO

Para atender esta problemática, en 1952 se creó la Comisión Hidrológica del Valle de México, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Por su parte, el Departamento del Distrito Federal creó, en 1953, la Dirección General de Obras Hidráulicas; esta última dio a conocer un plan general con el propósito de hacer frente al hundimiento, a las inundaciones y al abastecimiento de agua potable. Pero no fue hasta 1959, cuando se pensó que la solución del problema sería la realización de un sistema de drenaje profundo.

10 MEMORIA de las obras del SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO del DISTRITO FEDERAL. Secretaría de Obras y Servicios del Departamento del Distrito Federal. México. 1975 “Hidráulica Urbana”. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal.

Durante los años siguientes se llevaron a cabo las investigaciones encaminadas a emprender la tarea señalada: posibles trazos, estudios hidrológicos e hidráulicos y análisis geológicos de estratigrafía y de sismicidad. El proyecto comprendía la construcción de un emisor central y la de dos interceptores profundos: el central y el oriente. La profundidad de estos últimos permitiría el desagüe por gravedad a través de túneles, desde la ciudad hasta la desembocadura del sistema, en el río del Salto, cercano a la presa Requena, en Hidalgo. Así se podría mantener en servicio la red de alcantarillado y aprovechar las aguas negras para riego y usos industriales.

En el nuevo proyecto se contempló realizar estudios complementarios, y en esta tarea participó el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Con el objetivo de garantizar y comprobar todos los cálculos teóricos se solicitó a la institución un modelo de Emisor, para verificar el funcionamiento hidráulico y el de las descargas de los colectores a los interceptores profundos, y se atendieron también los aspectos económicos y financieros. Finalmente, en 1967 se dio inicio a esta importante obra de la ingeniería mexicana del siglo XX. Los trabajos comenzaron en las lumbreras y posteriormente se atacaron los frentes del túnel. En 1971 se creó el consorcio Túnel, S. A. (empresa del Grupo ICA), conocido como TUSA; éste agrupó a los contratistas de la obra bajo un solo mando. Sobre la marcha tuvieron que enfrentar diversas dificultades, lo que produjo el desarrollo de distintas técnicas para lograr el éxito final. Particularmente, en la Ciudad de México, el túnel tenía que atravesar suelos de muy poca resistencia, pero también el avance fue difícil cuando se hicieron perforaciones en zonas de roca sólida. Los túneles que forman parte del Sistema de Drenaje Profundo alcanzaron 68 km de longitud y se revistieron de concreto armado y concreto simple. Las obras concluyeron en el año de 1975, creyendo solucionar un ancestral problema de nuestra capital, pero en las 2 últimas décadas 1990 al 2010 nos hemos dado cuenta que no ha sido suficiente.



Imagen del drenaje profundo.¹¹

11 http://images.google.com.mx/images?hl=es&rlz=1R2TSNA_en&um=1&sa=1&q=imagen+del+drenaje+profundo&btnG=Buscar&aq=f&oq=&start=0, jpg - www.abstractatus.com/. Bajada de internet el 8 de Diciembre del 2009

Es indudable que, a lo largo de los años, se fueron acumulando experiencias de trabajo fundamentales para el proyecto final. En el Sistema de Drenaje Profundo se pusieron en juego avanzados conocimientos y novedosas técnicas, frutos del desarrollo de la ingeniería mexicana.” Los hechos muestran que, mientras la ciudad siga creciendo, las soluciones no son definitivas, y los problemas que se van juntando como los hundimientos de la ciudad, los cambios climáticos que causan fuertes trombas, la falta de cultura con no mantener limpias nuestras calles y ciudad en general.



Foto de inundaciones de la Ciudad de México en el año 2000.¹²

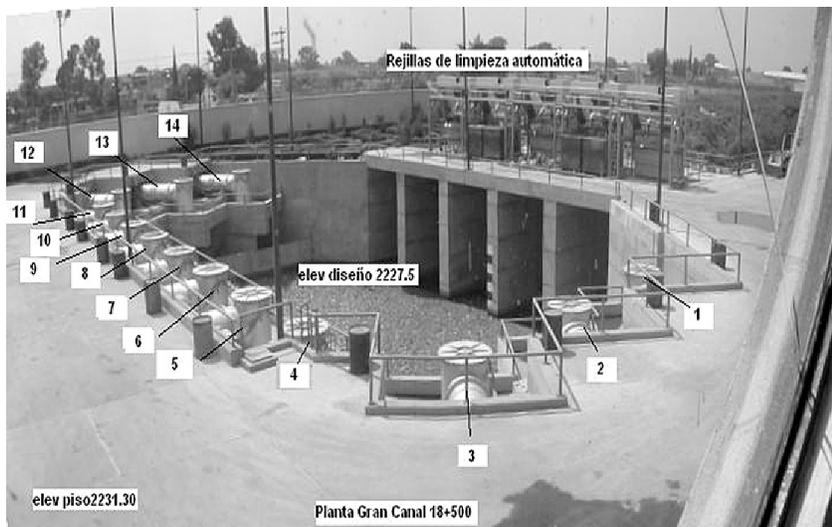


Imagen de la Planta Gran Canal.¹³

12 FOTO DE INUNDACIONES DE LA CIUDAD DE MEXICO EN EL AÑO 2000 PROPORCIONADA POR LA EMPRESA ICA, por el Arq. Miguel Ángel Chávez Victoria.

13 http://images.google.com.mx/images?hl=es&rlz=1R2TSNA_en&um=1&sa=1&q=imagen+del+drenaje+profundo&btnG=Buscar&aq=f&oq=&start=0,www.abstractatus.com/....jpg Bajada de internet el 8 de Diciembre del 2009

Las rejillas de limpieza automática son las que esta numeradas que son el 1,2,3, etc. Cada día es más cuantioso económicamente hablando el mantenimiento del drenaje profundo, las aguas negras y las pluviales son mezcladas en el drenaje y posteriormente se tienen que desalojar.

Los hundimientos provocados por la extracción del agua del subsuelo implican que se tengan que construir cárcamos para el bombeo de las mismas. En la siguiente grafica se muestran los diferentes hundimientos que ha sufrido y sigue sufriendo la ciudad de México con el pasar de los años.

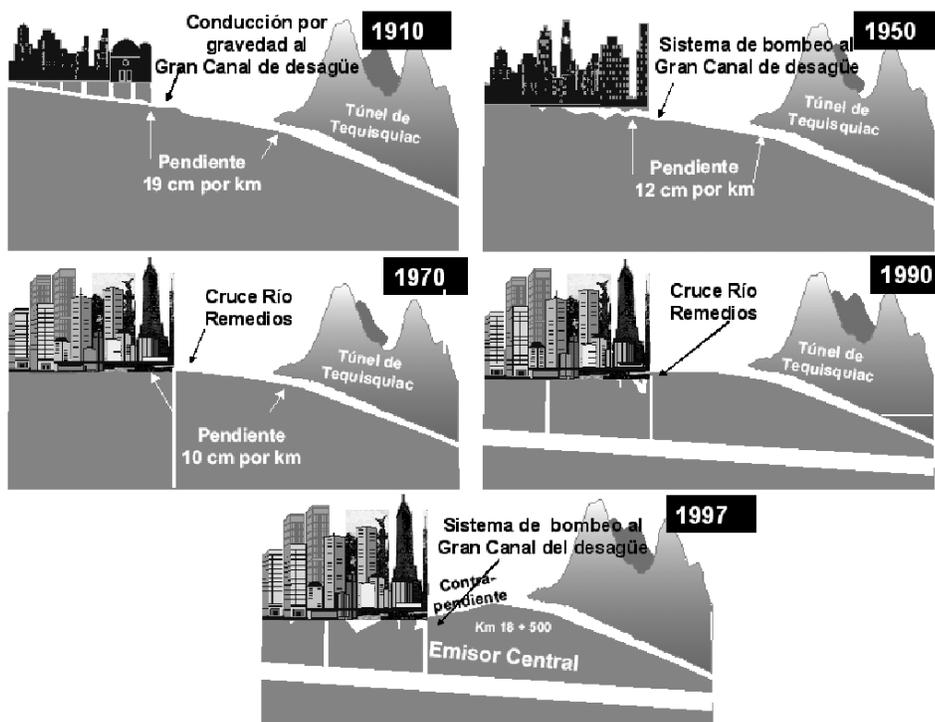


Imagen de gráficas del hundimiento de la Cd. de México.¹⁴

Probablemente, por la velocidad de crecimiento de la urbanización, “las soluciones” se han construido después de que se presentan las grandes inundaciones. Dichas soluciones comprenden obras de protección, como el ya construido albarredón de Netzahualcóyotl, de regulación de avenidas como el sistema de presas del poniente y diversas lagunas en la parte baja de la ciudad y obras de descarga como el Emisor del Poniente, el Gran Canal y el Emisor Central.

14 http://images.google.com.mx/images?hl=es&rlz=1R2TSNA_en&um=1&sa=1&q=imagen+del+hundimiento+del+df&btnG=Buscar&aq=f&oq=&start=0, www.abstractatus.com/..jpg Bajada de internet el 8 de Diciembre del 2009

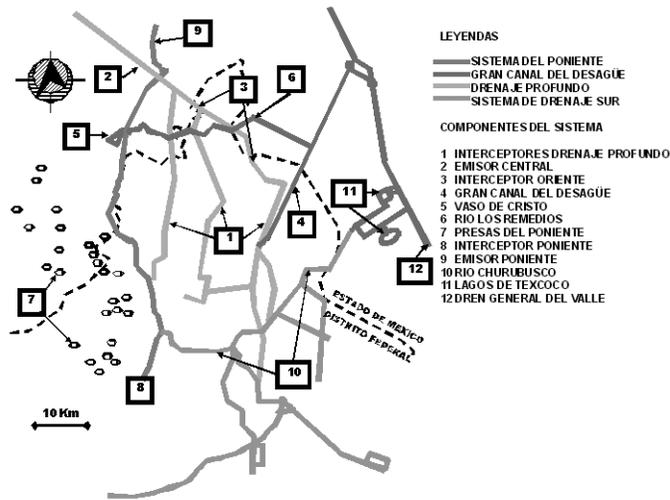


Imagen de los planos drenaje profundo.¹⁷

Los cauces naturales solamente se conservan en las zonas montañosas que rodean al valle de México. Los ríos que cruzan la zona urbana han sido entubados para evitar el contacto de la población con las aguas negras.

De las montañas del sur bajan los ríos San Luis, San Lucas, San Gregorio, Santiago y San Buenaventura. Normalmente conducen escurrimientos escasos, porque sus cuencas están en formaciones basálticas muy permeables. Sólo el río San Buenaventura, ocasionalmente, conduce crecientes importantes, debido a precipitaciones intensas combinadas con deshielos del volcán del Ajusco.

Los principales portadores al Valle de México son los ríos que bajan de las sierras del poniente. Los más importantes son los ríos Magdalena, Mixcoac, Tacubaya y Hondo, que drenan hacia el sistema de presas del poniente que los intercepta, descargando gastos regulados en el Interceptor del Poniente. Este conduce las avenidas hacia el norte y la descarga por la parte baja del río Hondo, en el Vaso del Cristo, donde pueden ser reguladas nuevamente y descargadas en el Emisor del Poniente, hacia el norte, o en el río de Los Remedios, hacia el oriente.

Al norte del Vaso del Cristo, el Emisor del Poniente recibe las descargas de los ríos Tlalnepantla, San Javier, Cuautitlán y Hondo de Tepotzotlán, los cuales son regulados previamente por las presas Madín, San Juan, las Ruinas, Guadalupe y La Concepción. El Emisor descarga las avenidas fuera del valle por el Tajo de Nochistongo.

17 http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.abstractatus.com/pictures/lagos_im/drenaje, Bajada de internet el 8 de Diciembre del 2009

Aguas abajo del Interceptor del Poniente, los antiguos ríos ya entubados tienen una trayectoria aproximada de poniente a oriente. Los principales, citados de sur a norte, son el río Churubusco, el río Mixcoac, el río de La Piedad y el río Consulado, que originalmente descargaban en el lago de Texcoco.

El río Churubusco constituye la infraestructura básica para el drenaje de las cuencas de la zona situada al sur de su trayectoria y descarga las crecientes en los nuevos lagos de Texcoco, que las regulan antes de descargarlas en el Dren General del Valle.

Los ríos Mixcoac, La Piedad y Consulado, y en general toda la red primaria que conduce las avenidas con una trayectoria aproximada de poniente a oriente, son interceptados primero por el Sistema de Drenaje Profundo y después por el Gran Canal del Desagüe. Las descargas en el sistema profundo se realizan por gravedad y en el Gran Canal mediante bombeo.

El Sistema de Drenaje Profundo maneja los escurrimientos captados por los Interceptores Centro-Poniente, Central y Oriente, y los conduce por el Emisor Central fuera del valle hasta el río El Salto. El interceptor Centro-Poniente puede auxiliar al Interceptor del Poniente, recibiendo parte de las crecientes que conduce este último. El Interceptor Oriente puede ayudar de la misma forma al Gran Canal.

En los últimos años, el Sistema de Drenaje Profundo ha ampliado su cobertura hacia el sur y el este, con objeto de auxiliar al río Churubusco y absorber las avenidas generadas por el crecimiento acelerado de las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac, situadas al sur-oriente del Distrito Federal.

La zona sur-oriente del Valle también ha crecido aceleradamente en el Estado de México, sobre todo en los municipios de Chalco e Ixtapaluca. Para su drenaje depende básicamente del río de La Compañía, que conduce los escurrimientos hacia el norte, hasta descargarlos en el Dren General del Valle y de ahí en el Gran Canal del desagüe.

Finalmente, el otro gran conducto para drenar las avenidas fuera del valle de México, es el Gran Canal del Desagüe. Este recibe directamente las descargas de toda la zona urbana situada al oriente del Interceptor del Poniente y al norte del río Churubusco, con el agravante de que por el hundimiento de la ciudad, dichas descargas tienen que efectuarse mediante bombeos. Más adelante recibe al Dren General del Valle, que conduce los escurrimientos del río Churubusco, ya regulados en los lagos de Texcoco, y del río de La Compañía. Aunque la construcción del drenaje Profundo permitió reducir considerablemente las áreas de aportación al Gran Canal, los problemas de hundimiento han ocasionado que éste pierda pendiente, al grado de que en los primeros 20 km ya es prácticamente nula y en los próximos años se irá invirtiendo.

Actualmente en las revisiones periódicas que se le realizaron al drenaje Profundo detectaron la sobreexposición de varillas lo que requirió el siguiente procedimiento constructivo para su reparación para evitar futura filtraciones y desprendimientos de concreto.

REPARACIONES DEL DRENAJE PROFUNDO

El Drenaje profundo de la ciudad de México ha tenido reparaciones importantes para evitar un colapso y algunas de las reparaciones que ha tenido es el revestir sus paredes. La problemática actual del control de inundaciones en la ciudad puede agruparse en los siguientes grandes rubros.

A. Problemas Locales

Los problemas de tipo local se derivan de las lluvias de tipo convectivo, típicas en el valle de México, que se caracterizan por su gran intensidad y en algunos casos denominadas trombas, aunque son de corta duración y extensión. Los principales son los que ocurren en las barrancas, los que se presentan en las vialidades y los que se presentan en zonas bajas. Los principales aspectos ligados con cada uno de ellos son:

a) Problemas en las barrancas

En las zonas periféricas de la ciudad se conservan todavía los ríos en forma natural que se encuentran a cielo abierto, pero el crecimiento urbano sin regulación o asentamientos irregulares ha provocado un aumento en la magnitud y la velocidad de los escurrimientos, y la falta de permeabilidad en las laderas de las sierras y cerros que rodean a el Distrito Federal lo que ocasiona que se provoquen más inundaciones en el Valle y sus partes bajas.

En estos ríos, la mayoría del poniente de la ciudad, pero algunos del sur, y otros en la vertiente de la sierra de Guadalupe al norte de la ciudad, han causado inundaciones y deslaves, por lo que han existido grandes pérdidas de casas, edificios y diversas pérdidas, humanas, materiales y económicas.

La mancha urbana ha ocupado por una parte los cauces y por otra las barrancas, propiciando problemas que ponen en riesgo no sólo las propiedades, también la vida de la población. Para disminuir el riesgo, deben tomarse medidas como, reforestación, fijación de cuencas, presas de gaviones, etcétera, y acciones urgentes que implican ofrecer alternativas de vivienda a quienes están en situación de riesgo.

b) Problemas en las vialidades

Cuando ocurren tormentas de gran intensidad, la capacidad de drenaje de la red secundaria (y en algunos casos primaria), resulta insuficiente durante algunas decenas de minutos y añadiendo que no existe una separación del agua de drenaje con las aguas pluviales, un claro ejemplo es lo que sucede año con año en los pasos a desnivel, o las inundaciones de colonias del Distrito Federal y del

Estado de México como lo sucedido el año 2009 en la colonia Valle Dorado que se reventó una de las tuberías de drenaje por el exceso de agua. Problema en todo el fraccionamiento.

El problema se presenta principalmente en vialidades que se encuentran abajo del Interceptor del Poniente (donde los colectores pierden pendiente), es decir, desde el periférico hasta Insurgentes, pero ocurren también en depresiones. Estos encharcamientos producen daños económicos por el retraso en las actividades de la población y efectos negativos del Gobierno del Distrito Federal.



Imagen del Drenaje profundo Reventado en Valle Dorado Tlalnepantla Edo de México.

Aunque es práctica y económicamente imposible resolver definitivamente estos problemas, sí pueden lograrse mejoras importantes que permitan reducir el nivel y el tiempo de los encharcamientos.

Se ha trabajado con buenos resultados en los pasos a desnivel de avenida Chapultepec con Insurgentes; Diagonal San Antonio con Periférico; la zona del Caracol, frente a Periférico Sur, etcétera, y se tienen estudiados 80 sitios adicionales para reducir sensiblemente los encharcamientos los próximos años.

c) Problemas en zonas bajas

En muchas ocasiones se han asentado desarrollos urbanos en zonas bajas bastante amplias, en las que naturalmente el escurrimiento tiende a acumularse, generalmente son zonas de lecho de los antiguos lagos como Chalco donde se ha permitido y fomentado la construcción de numerosas unidades de habitación social. Aunque pueden clasificarse como locales, requieren de soluciones ligadas al

Sistema General de Drenaje; requiere hacer una conexión a algún punto de la red primaria con menor cota que el punto más bajo del asentamiento y, a su vez, verificar que la red primaria escogida tenga capacidad para conducir la descarga adicional hasta el Sistema Principal.

Por otra parte, dado que tanto los colectores de la red primaria, como el Sistema Principal de Drenaje, trabajan frecuentemente con carga, que los niveles en estos sistemas induzcan un derrame de aguas negras que inunde la zona baja. La solución a este problema es compleja y está ligada a los problemas globales que se comentarán más adelante.

d) Problemas de Cultura

Este es un problema que con el paso de los años se ha implementado una medida del gobierno el cual es la concientización de la población sobre la limpieza de las calles, y de la ciudad en general, ya que una gran parte de las inundaciones es causada por la acumulación de basura en los alcantarillados, como por ejemplo envases pet o de plástico que está comprobado que aunque es un material que se puede reutilizar la cultura de las personas en muchos casos es tirarla al piso y esto en una población de más de 21 millones de habitantes, hace que sea un problema grave por solucionar y esto es mencionando un solo material, ya que hay muchos de estos ejemplos, como bolsas no biodegradables, materiales de construcción, llantas de coches, etcétera.

B. Problemas Globales

Los problemas globales de control de avenidas en la ciudad, están relacionados con lluvias más persistentes y generalizadas en la cuenca que, afortunadamente, ocurren con menor probabilidad que las típicamente trombas. No obstante, es muy importante darles solución porque la insuficiencia del Sistema General de Drenaje puede dar lugar a inundaciones verdaderamente catastróficas.

En la actualidad ya se han presentado evidencias de que la capacidad de descarga del sistema general es insuficiente: Muchos tramos del Sistema de Drenaje Profundo han trabajado con carga varias veces al año y ya se ha presentado el caso de que el agua negra suba por las lumbreras y se derrame en las calles por ejemplo fue el derrame por la lumbrera 3 del Interceptor Oriente-Oriente, que inundó la zona de Ejército de Oriente. Lo mismo ha ocurrido con el Interceptor Poniente, donde ha sido necesario tapar la parte superior de las lumbreras más bajas y en el río Churubusco, que ha derramado por sus chimeneas. El balance entre la capacidad de descarga y el área incorporada al servicio, ha sido cada vez más desfavorable para la primera. Por una parte de las tres salidas del valle (tajo de Nochistongo, emisor profundo y Gran Canal), el Gran Canal ha venido reduciendo paulatinamente su capacidad de descarga de 90 m³/s hace 30 años a 12 m³/s actualmente, y por la otra, el Sistema de Drenaje Profundo, además de suplir la falta de capacidad del Gran Canal, ha recibido la conexión de áreas cada vez mayores para drenar las zonas Sur y Sureste de la ciudad.

La solución a este problema, para un horizonte de unos 25 años, fue planteada en el Plan Maestro de Drenaje en 1995. Está integrada por obras que incrementarán la capacidad de descarga en $40\text{m}^3/\text{s}$ por el oriente y $30\text{m}^3/\text{s}$ por el poniente, así como la capacidad de almacenamiento para regulación de avenidas en 5.5 millones de m^3 , las cuales implican inversiones cuantiosas y tiempos de construcción de varios años.

Ante lo dramático de la situación, es necesario que, antes de la temporada de lluvias del año 2010, se realicen trabajos urgentes, dentro de los que destacan.

a) La construcción de un dique en el Gran Canal, aguas abajo de su confluencia con el Dren General del Valle, y una planta de bombeo con capacidad de $50\text{m}^3/\text{s}$ para traspalear el agua hacia el norte del dique. Esta obra beneficiará a toda el área Metropolitana y es urgente concertar con la Comisión Nacional del Agua su realización inmediata y la aportación económica que corresponde a cada entidad beneficiada.

b) La construcción de una estructura de control entre las lumbreras 3 y 6 del Interceptor del Oriente para, teniéndola abierta, permitir el drenaje de “Ejército de Oriente” frente a una lluvia local, pero cerrándola, impedir que una sobrecarga en el Drenaje Profundo provoque un derrame por la lumbrera 3.

c) La construcción de una planta de bombeo de $30\text{m}^3/\text{s}$ a la salida del Interceptor poniente, para evitar el remanso que produce actualmente la descarga ahogada.

d) Debido a la falta de capacidad del Gran Canal, el Emisor Profundo tiene que trabajar inclusive en la época de estiaje, por lo que no ha sido posible hacer labores de mantenimiento desde hace años.

CONCLUSIONES

Como ha venido sucediendo, desde la época de los aztecas, las inundaciones forman parte fundamental de la problemática de la Ciudad de México. Actualmente se tiene un rezago acumulado en la capacidad de descarga, de tal forma que el riesgo de inundaciones catastróficas es ya muy alto.

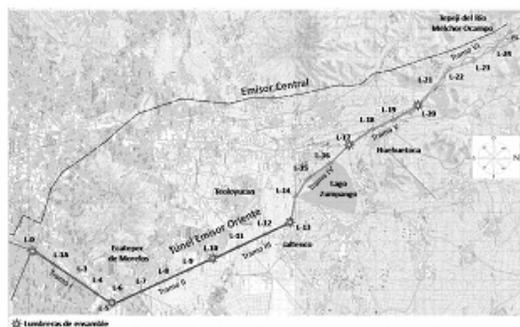
Las obras de emergencia que el Gobierno Federal, CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) propone como limpiar constantemente el drenaje, la construcción del Emisor Oriente deberán estar en funcionamiento para 2012 y las de la solución a mediano plazo, que se plantearon en lo fundamental desde 1995, deben realizarse con un programa intenso que debe aplicarse lo antes posible, aunque signifique grandes inversiones. En caso contrario, no pasarán muchos años para que se presenten inundaciones que podrían afectar a millones de personas.

	1975	2007
	Capacidad m ³ /s	Capacidad m ³ /s
Gran Canal	80	15
Emisor Poniente	30	30
Emisor Central	170	120
Total	280	165
Millones habitantes	10	19

Grafica de pérdida de capacidad del desalajo del drenaje.

Debemos pensar también en el largo plazo, tomando en cuenta que, si no se detiene el crecimiento de la población en el Valle, las soluciones serán cada vez más difíciles y costosas, no sólo en relación con las inundaciones, sino con todos los servicios, dentro de los que destaca el abastecimiento de agua potable y el problema del transporte. La capacidad actual de desagüe de todo el sistema de drenaje es de 165 m³/seg, pero es necesario desalojar 315 m³/seg (aguas residuales y lluvia).

Obras de drenaje 2007 – 2012
Planta de Bombeo "Casa Colorada"
Captaciones al Túnel Río de los Remedios
Planta de Bombeo "Caracol"
Túnel Emisor Oriente
Obras adicionales, Plantas de Bombeo



Túnel emisor oriente.

REFERENCIAS:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 44 , ARTÍCULO 44. LA CIUDAD DE MÉXICO ES EL DISTRITO FEDERAL, SEDE DE LOS PODERES DE LA UNIÓN Y CAPITAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. SE COMPONDRÁ DEL TERRITORIO QUE ACTUALMENTE TIENE Y EN EL CASO DE QUE LOS PODERES FEDERALES SE TRASLADEN A OTRO LUGAR, SE ERIGIRÁ EN EL ESTADO DEL VALLE DE MÉXICO CON LOS LÍMITES Y EXTENSIÓN QUE LE ASIGNE EL CONGRESO GENERAL.
- INEGI: Población de Zona Metropolitana de Ciudad de México por INEGI (Censo de población y vivienda).
- INEGI, 2006: 9,1 ,INEGI,2006: 8,1 ,INEGI, 2006: 10.3. ,INEGI, 2006: 11,1. ,INEGI, 2006: 11,2. ,INEGI, 2006: 12,1.
- CIUDADANOS EN RED. <http://ciudadanosenred.com.mx/imagenes/imaldia2553.jpeg>”, FUENTE PERIÓDICO REFORMA

BIBLIOGRAFÍA:

- Acosta Ochoa, Guillermo (2007): Las ocupaciones pre-cerámicas de la Cuenca de México. Del poblamiento a las primeras sociedades agrícolas, en Arqueoweb No. 8 (2), consultada el 8 de diciembre del 2009.
- Domínguez, M. R y Jiménez, E. M. (1992) El Sistema Principal de Drenaje del Valle de México. Barcelona España. Colegio de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Catalunya. . [“. En Monografía sobre Inundaciones y Redes de Drenaje Urbano.].
- Domínguez, M. R. . (1997) “Sistema para el Control y Drenaje de las Avenidas en el Área Metropolitana del Valle de México”. No. 593 [Serie Azul del Instituto de Ingeniería].
- Información del Libro de La Ciudad de México, Tenochtitlan a la megalópolis Siglo XXI, autor Dr. Jorge Legorreta UAM 2006.
- Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (2006): Distrito Federal. Anuario estadístico. INEGI, Aguascalientes. ISBN 0188-8544.
- Partida Bush, Virgilio y Carlos Anzaldo Gómez (2003): “Escenarios demográficos y urbanos de la zona metropolitana de la ciudad de México”, en el sitio en Internet del Consejo Nacional de Población (Conapo), consultado el 22 de marzo de 2007.
- MEMORIA de las obras del SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO del DISTRITO FEDERAL. Secretaría de Obras y Servicios del Departamento del Distrito Federal. México. 1975 ”Hidráulica Urbana”. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal. No. 1-5 [Revista].