

**Universidad
Autónoma
Metropolitana**



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Posgrado en Diseño y Estudios Urbanos

**LA HUELLA DEL AGUA SIGLO XX.
EL ACUEDUCTO DE XOCHIMILCO Y EL SISTEMA LERMA**

María del Carmen Bernárdez de la Granja

Tesis para optar por el grado de Doctor en Diseño y Estudios Urbanos

Miembros del Jurado:

Dr. Francisco Santos Zertuche

Director de la tesis

Dr. Ariel N. Rodríguez Kuri

Co-Director de la tesis

Dra. Marcela Dávalos López

Dr. Manuel Ángel Sánchez de Carmona Lerdo de Tejada

Dr. Oscar Alejandro Terrazas Revilla

México, D.F.
Septiembre de 2016

Índice

Introducción	4
Metodología de Investigación	9
Estado del Arte	10
Capítulo I. La Sed de la Ciudad de México.	21
1.1. Características geográficas de la Cuenca del Valle de México.	21
1.2. Las estrategias de suministro de agua hasta el siglo XIX.	34
1.2.1. El sistema de agua en el período prehispánico.	34
1.2.2. El sistema de agua en el periodo virreinal.	45
1.2.3. El sistema de agua en el siglo XIX.	58
Capítulo II. El Acueducto de Xochimilco	89
2.1. Demografía y salud en la ciudad de México.	90
2.2. La gestión del agua urbana. Seguridad jurídica y definición de su condición pública.	97
2.3. La incorporación de manantiales y fuentes para el abasto de la ciudad de México, las visiones de la expansión futura. Antecedentes, estudios y proyectos alternativos.	99
2.3.1. Análisis de las propuestas de utilización de diferentes manantiales y ríos para surtir de agua a la ciudad de México. Aguas del Río Hondo.	104
2.3.2. Aguas del Jajalpa.	108
2.3.3. Aguas de las cañadas de Potreros y Garabato.	109
2.3.4. Manantial de Ameyalco, Mimiapan y Jilotzingo.	110
2.3.5. Cuencas de los ríos Magdalena y Tlalnepantla.	111
2.3.6. El proyecto de las aguas del río Lerma.	112
2.3.7. Manantiales de las partes bajas del valle de México. San Juan Teotihuacán, Hacienda Ojo de agua y Chimalhuacán.	124
2.4. El Acueducto de Xochimilco. Arquitecturas del agua.	125
2.4.1. Características y situación de los manantiales	125
2.4.2. El proyecto del Acueducto de Xochimilco	131
2.4.3. Justificación de la opción de los manantiales de Xochimilco	142
2.4.4. Arquitecturas e Ingenierías del Agua	146
2.5. Límites del abasto de agua a la ciudad de México a través del Acueducto de Xochimilco.	188
2.6. La modernización porfirista de la ciudad de México y las infraestructuras. A manera de Conclusión.	201
Capítulo III. El Sistema Lerma	211
3.1. Escasez y perspectivas de suministro de agua a mediados del siglo XX.	211
3.2. La Cuenca del Lerma.	234
3.2.1. Características Geográficas	234
3.2.2. El río Lerma	235
3.2.3. El proyecto del Sistema Lerma	236

3.3.	El Sistema Lerma. Arquitecturas del agua.	256
3.4.	Los principales actores y la incorporación de la Planificación Regional al proyecto Lerma.	289
3.5.	Expansión urbana, industrialización y cobertura del sistema de abasto. A manera de Conclusión.	303
Conclusiones. Ciudad y territorio. Transformaciones y permanencias urbanas		317
Bibliografía		339
Índice de Figuras		346
Índice de Tablas		351
Curriculum Vitae		352

Introducción

*La ciudad lanza sus cadenas al río y vacía de sí misma,
de su carga de sangre, de su carga de tiempo, reposa
hecha un ascua, hecha un sol en el centro del torbellino.
El presente la mece.*

Todo es presencia, todos los siglos son este Presente.

Octavio Paz
La estación violenta [1948-1957]

La revolución industrial tuvo como impacto espacial más significativo la aceleración de la evolución general hacia la ocupación territorial intensiva, y la urbanización de las sociedades tradicionales. A medida que las urbes se extendían, las tecnologías hidráulicas de abastecimiento se hicieron más complejas.

Los efectos fueron numerosos y diversos: el crecimiento de la agricultura y la ganadería intensivas, una creciente explotación de los bosques, sobre-utilización de los recursos hídricos, construcción de represas y otras estructuras artificiales para el manejo del agua. Estas intervenciones dieron lugar a impactos crecientes en la hidrodinámica terrestre, tanto a nivel local como regional y global. El resultado de estas intervenciones humanas es un paisaje que parece natural, donde descubrimos las huellas de los procesos que han dado lugar a su evolución como construcción del hombre.

La situación se fue agudizando durante el siglo XX a partir del acelerado crecimiento urbano mundial. El desarrollo de mega-ciudades con varios millones de habitantes y la densificación de la población en muchas áreas rurales, crearon una demanda de agua creciente y concentrada.

Los procesos de producción que transformaron a aquellas ciudades en las actuales metrópolis ocasionaron procesos biofísicos y sociales provocando, en muchos casos, daños ambientales que ponen en situación de riesgo al agua como elemento vital :

- Se modificó el ciclo hidrológico por extracción de agua, generando hundimientos, o la obtención de agua potable de fuentes lejanas, creando problemas en el abastecimiento de las ciudades pero también en la zona de extracción del líquido.
- Se entubaron ríos, modificaron cauces, desecaron tierras.
- Se impermeabilizaron suelos por crecimiento del tejido urbano generando problemas en la recarga de acuíferos.
- Se contaminaron los recursos hídricos por la incorrecta eliminación de desechos (sólidos y líquidos) residenciales e industriales.

Esta visión contemporánea sobre los aspectos ambientales de la relación entre la ciudad y el agua, permea la mayor parte de las investigaciones que se han realizado en los últimos años sobre Xochimilco y Lerma, de tal forma que es muy difícil encontrar un análisis objetivo sobre su impacto en la modernización de la ciudad y sus habitantes, enfoque que espero poder conseguir en este trabajo.

Planteamiento del problema

La Ciudad de México tiene desde sus orígenes una relación muy compleja con su entorno natural. Por un lado, el establecimiento de la ciudad en el medio de una cuenca hidrográfica cerrada¹ determinó las inundaciones intermitentes a las que se vio sometida desde la época prehispánica. Por otro lado, el abastecimiento de agua dulce, que en un principio se sirvió del pequeño manantial localizado en la isla de Tenochtitlan, fue rebasado por el crecimiento demográfico y tuvo rápidamente que realizarse desde fuentes exteriores por medio de canales y acueductos. El agua del Lago de México, no era potable de origen, por ser un lago de poca profundidad, por la profusión de plantas y animales que vivían en él y por la salinidad del Lago de Texcoco.

¹ La cuenca del valle de México era originalmente una cuenca abierta, que desaguaba hacia el sur, con el surgimiento de la Sierra del Chichinautzin, la cuenca se cerró, convirtiéndose desde el punto de vista geográfico en una especie de cuenco que presenta grandes dificultades para el desagüe, aunque se piensa que existen filtraciones subterráneas hacia el sur, en caso de lluvia la cuenca se ve sujeta a fuertes inundaciones. Los trabajos de desagüe desde la época virreinal optaron por intentar solucionar el problema abriendo la cuenca hacia el norte y nor-orienté a través de canales que cortaron las montañas y cerros que por ese lado rodean al valle.

El frágil equilibrio en el manejo de la cuenca desarrollado en la época prehispánica se vio transformado en la época virreinal, con el azolvamiento de los lagos, provocado en gran medida por la deforestación (iniciada en la época prehispánica) y el crecimiento poblacional, que llevaron a considerar como la mejor opción tecnológica de intervención, el desagüe del sistema de lagos, convirtiendo a la cuenca del Valle de México en una cuenca abierta.

Desde la época prehispánica se manifiesta una voluntad para evitar las inundaciones y proporcionar a la población agua dulce suficiente para consumo, lo que llevó a la construcción de dos sistemas especializados para su manejo. La complejidad del problema, aunado a los cambios tecnológicos derivó durante el periodo colonial en numerosos estudios para resolver el dramático problema de las inundaciones y en la incorporación de nuevos manantiales para el abasto de agua de la ciudad (Chapultepec- Santa Fe-Desierto-De Los Leones). En el siglo XVIII, se pone énfasis en el mejoramiento de los servicios de limpieza y en la extracción de los desechos sólidos y líquidos de las ciudades. El siglo XIX ve surgir como complemento de los conceptos anteriores, la idea de proporcionar agua potable, haciendo énfasis en la calidad del agua, en su pureza y en la ausencia de microorganismos para disminuir la incidencia de enfermedades.

En 1901 se propuso la incorporación de los manantiales de Xochimilco al abasto de la ciudad de México con la construcción de un nuevo acueducto, y se estudió también la anexión de las aguas de los manantiales de las lagunas del Alto Lerma, considerándose más viable el primer proyecto. Posteriormente, el crecimiento de la Ciudad de México llevó a que se aprobara la construcción del segundo proyecto a mediados del siglo XX.

Estos dos acueductos transformaron a la ciudad de México desde el punto de vista físico propiciando el crecimiento de las áreas urbanizadas; pero el cambio fue también social y cultural: marcan la evolución hacia una ciudad moderna con sistemas de infraestructuras que serán críticos para la transformación económica, el apoyo al desarrollo industrial y la introducción de cambios culturales que permitirán un manejo sanitario acorde con las nuevas necesidades urbanas.

La incorporación de nuevas fuentes generó desequilibrios ecológicos en las zonas de las que se extraen los recursos hídricos, pero permitió la acelerada expansión urbana e industrial del

siglo XX en la ciudad de México y Toluca. Las soluciones planteadas, que garantizaron el mejoramiento de los niveles de vida de la población, significaron la mutación brutal de dos ecosistemas que se encuentran actualmente en completo desequilibrio.

La presente investigación pretende enfocarse en el impacto sobre la ciudad del abasto del agua potable, cómo el cambio tecnológico y cultural posibilitan los dos períodos de modernización de la ciudad en la primera mitad del siglo XX, identificados con dos obras emblemáticas: el Acueducto de Xochimilco y la construcción del Sistema Lerma (Etapa 1), y cómo esos cambios se transforman en huellas o permanencias urbanas. Esta Tesis reconoce como antecedente la investigación desarrollada a partir del año 2008 *La Huella del agua en Buenos Aires y Ciudad de México*, (UAM/UNLa) que recibió el premio de investigación de la VI Bienal Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo, Lisboa, 2008.

Objetivos

El objetivo general de esta Tesis es analizar históricamente la relación entre medio físico y expansión urbana a través del estudio de uno de los elementos fundacionales de las ciudades: el agua; vinculando esta relación con los actores, las transformaciones tecnológicas y culturales de un periodo de desarrollo de la ciudad de México –la primera mitad del siglo XX-, testigo de los dos procesos de modernización urbana que transformaron a la ciudad heredada del siglo XIX.

Lograr profundizar, desde la reconstrucción histórica del territorio, el conocimiento de los comportamientos y tendencias que han orientado el manejo del abasto de agua y su impacto en las dinámicas de desarrollo de la ciudad. Realizar la caracterización de elementos que permitan identificar la relación existente entre los procesos de modernización y la transformación de la concepción del desarrollo urbano y su relación con los cambios en la morfología urbana.

Estudiar el manejo del abasto de agua dentro de un marco complejo que permita integrar a las concepciones higienistas con el surgimiento de nuevas formas de integración del hinterland y los sistemas de producción y reproducción, así como los impactos en la transformación social:

la identificación de cambios culturales ligados a estos procesos y transformaciones relacionadas con estas infraestructuras del agua.

Orientan el presente proyecto de investigación los siguientes supuestos:

El territorio es la base sobre la que se asienta la ciudad, constituye entonces uno de los más importantes determinantes desde el punto de vista geográfico de la ordenación de las ciudades. La expansión urbana se dio a lo largo de los siglos utilizando las posibilidades geográficas de conexión con otras ciudades y regiones, sobre las áreas que por sus características facilitaban el acceso a los requerimientos urbanos: agua, vías de comunicación (camino, rutas, canales, vías navegables, tecnología del transporte) para el abastecimiento y conexión con las áreas de producción (agricultura, comercio y manufactura). Es posible pensar entonces, que los trazados que corresponden a los cuerpos y vías de agua (lagos, canales, ríos), y los cambios y la expansión de los diferentes modos de transporte han determinado la conformación espacial actual de la Ciudad de México.

La traza, los grandes monumentos, los cuerpos de agua, los accidentes geográficos, las arquitecturas del agua, dejan huellas permanentes en la ciudad que sufren transformaciones en un tiempo muy largo, dejando un sedimento histórico a través del cual reconocemos a nuestras ciudades. Las infraestructuras del agua han sido siempre grandes construcciones de carácter urbano y rural, acueductos, infraestructuras para el riego, canales; históricamente se edificaron monumentales acueductos de extensos trayectos para llevar agua a ciudades consideradas estratégicas. Estas "arquitecturas del agua", se incorporaron al paisaje natural modificado por el hombre y definieron construcciones urbanas como canales, fuentes, acueductos, cajas de agua, y otros que se convirtieron en referentes del entorno urbano.

Estas tecnologías de transporte de agua, empezaron a tener procesos de modernización a partir del siglo XVIII, pero es el siglo XIX el que verá en todo el mundo fuertes transformaciones en las tecnologías del agua que quedaron sumergidas en la gran mutación urbana mundial, ellas son el sustrato de la expansión de las ciudades del siglo XX, si bien, se han vuelto casi invisibles a los ojos de sus habitantes.

La transformación tecnológica de las infraestructuras urbanas ha generado un impacto raras veces explicitado en la evolución cultural y social de sus pobladores y en la transformación

económica hacia sistemas modernos de producción. En su construcción, el advenimiento de la ciudad moderna realizó una sobreimposición sobre la ciudad del antiguo régimen (Neri Serneri, 2007: 813). El crecimiento demográfico, la incipiente industrialización, las ideas higienistas, llevaron a un cambio radical de la red completa de infraestructura, tanto a nivel tecnológico como en el nivel de calidad del agua y del servicio.

Este cambio provocado por los nuevos usos del agua que le fueron asignados en la ciudad moderna, es el resultado de la evolución de la ciudad hacia un sistema urbano industrial y puede analizarse en términos de la funcionalidad del sistema urbano. (Neri Serneri, 2007: 813)

La distribución de agua y el drenaje conformaron en la ciudad moderna un sistema indivisible de funcionamiento, llamado “ciclo del agua urbana”, que tomó en cuenta las siguientes premisas para establecer esta funcionalidad: la higiene y la calidad del agua, la distribución homogénea del recurso que permite el mejoramiento de la salubridad de la ciudad en su conjunto; las necesidades de los grandes establecimientos públicos como hospitales y escuelas; la industria, la generación de electricidad; la limpieza de calles, atarjeas y drenajes; el desalojo de aguas negras y pluviales².

En el caso de la ciudad de México, los sistemas de agua potable y saneamiento fueron concebidos de forma independiente, por lo complejo del tratamiento de las inundaciones.

Metodología de investigación

Para el desarrollo de la investigación se analizaron las memorias de los proyectos de Xochimilco y Lerma, que describen las obras de infraestructura que transformaron el funcionamiento de la Cuenca y su impacto urbano. En ellas y en diarios de la época se buscaron las alternativas existentes y la evaluación técnica que permitió la elección de esos proyectos como los mejores para el desarrollo urbano futuro de la ciudad.

En el caso de Xochimilco fue posible localizar los planos originales, aunque no fue posible fotografiarlos por problemas de funcionamiento en el Archivo Histórico de la Ciudad de México,

² En ese sentido de integración se habla de un solo sistema que integra a la dotación de agua potable y el saneamiento dentro del “ciclo del agua urbana”, en el caso de México se concibieron los dos por separado y se optó por un sistema único para el desalojo de aguas pluviales y negras.

los análisis se realizaron entonces con los planos publicados en las memorias y algunos planos de la Mapoteca Orozco y Berra.

Se consultaron fuentes primarias en el Archivo Histórico del Distrito Federal, Ramo Aguas: Acueducto de Xochimilco; Biblioteca del AGN: Sección Presidentes y Distrito Federal: Memorias del Ayuntamiento y Memorias del Departamento del Distrito Federal. Informes Presidenciales. En el Archivo Histórico del Agua: Cuenca del Balsas. Cuenca del Lerma y Aprovechamientos Superficiales. En la Biblioteca de la Ciudad de México: Memorias de los proyectos de dotación de agua potable. (1901,1910,1914). Las Obras del Lerma.(1949). Se realizó también una Investigación hemerográfica, con la búsqueda de artículos en periódicos y revistas y una búsqueda iconográfica histórica del siglo XX, para la localización de planos y fotografías de la construcción de los dos proyectos (Hemeroteca Nacional, Fototecas INAH).

Se examinó la bibliografía realizada en los últimos años sobre Xochimilco y Lerma que se refieren mayoritariamente a los impactos ambientales que originó localmente la construcción de los dos acueductos. Asimismo la colección casi completa de los libros que sobre la cuestión del agua publicó el CIESAS-CONAGUA, fruto de la investigación que sobre los usos del agua en México coordinó el Dr. Luis Aboites, imprescindibles para tener una idea integral de los problemas del agua en México. También se analizaron los escritos del Dr. Jorge Legorreta y del Dr., Manuel Perló, estos últimos, referidos sobre todo al sistema de drenaje. Por último, se revisó bibliografía desde la perspectiva de gestión del agua en el Distrito Federal.

Para abordar la investigación se utilizaron herramientas de historia urbana – consulta de fuentes históricas-, y de historia de la hidráulica, esta última prioriza la comprensión de la evolución tecnológica, relacionándola con el tiempo histórico en el que fue desarrollada.

Estado del Arte

Una de las bases teóricas de esta investigación se sitúa en un concepto estudiado a principios del siglo XX por geógrafos franceses que buscaban explicitar la conformación de la morfología urbana relacionándola con la topografía y los accidentes geográficos, la historia, el desarrollo económico y las transformaciones de la sociedad, retomada a principios de los setenta por teóricos de la arquitectura como Aldo Rossi y Leonardo Benévolo.

Al hablar de la huella del agua, se propone hacer referencia a la teoría de las permanencias de Poète y Lavedan³, que aunque construida sobre muchas hipótesis (económicas, sociales geográficas), es sustancialmente una teoría histórica del desarrollo urbano centrado en el fenómeno de las persistencias; esta teoría es retomada por algunos teóricos de la arquitectura, como Aldo Rossi, para explicar los elementos definitorios de la construcción morfológica de la ciudad desde el punto de vista arquitectónico:

...se ocupa de los hechos urbanos en cuanto indicativos de las condiciones del organismo urbano, otorgándoles el valor del dato preciso, la forma verificable en la ciudad existente: las persistencias se observan a través de los monumentos, los signos físicos del pasado, pero también a través de la persistencia de la traza, ...las ciudades permanecen sobre ejes de desarrollo, mantienen la posición de los trazados, crecen según la dirección y el significado de hechos más antiguos que los actuales, remotos a menudo. Muchas veces estos hechos permanecen, dotados de vitalidad continua, y a veces se destruyen, queda entonces la permanencia de las formas, los signos físicos del locus..., a estos datos históricos, es necesario añadir los datos geográficos, económicos, estadísticos, etc. pero es el conocimiento del pasado lo que constituye el término de la confrontación, y la medida del porvenir (Rossi, 1979: 188).

Las preguntas que nos hacemos con una perspectiva teórica desarrollada desde la arquitectura sobre la ciudad, es cómo surgen estas presencias o huellas urbanas, cómo se desarrollan y porque en algunos casos mueren y pierden su significado, para quedar únicamente como una muestra de la “historia hecha piedra”, según los términos de Roncayolo⁴. Por un lado, estas permanencias urbanas nos hablan de los extensos tiempos de construcción de nuestras ciudades, de los elementos que adquirieron significado, pero también de una dualidad del devenir histórico: de como se constituyen elementos de cambio que vuelven a dejar huellas o permanencias urbanas de estas transformaciones.

³ Geógrafos franceses de principios del siglo XX, Marcel Poète, desarrolló su teoría en *Introduction a l'urbanisme, l'évolution des ville, la leçon de la antiquité*, París, aux éditions ANTHROPOS, 1967. 1er ed. 1929 y Pierre Lavedan en *Les villes françaises*, París 1960 y *Geographie des villes*, París, 1959.

⁴ Roncayolo, Marcel. *Les grammaires d'une ville, essai sur la genèse des structures urbaines à Marseille*, Edition de la École de Hauts Etudes en Sciences Sociales, Paris, 1996

Braudel definió las acciones que se desarrollan en un espacio temporal muy largo dentro de unas estructuras con una estabilidad prolongada, diferenciándolas de las acciones que se desarrollan en la coyuntura y cuyas transformaciones son perceptibles. Los tiempos de las transformaciones urbanas físicas, aunque pueden estar definidos en un tiempo de coyuntura están situados en lo que él denomina acciones de larga duración: los hechos que impactan a la ciudad se transforman así en permanencias que se constituyen en elementos de significación social o simplemente de permanencia urbana que logran una identificación entre los habitantes y su ciudad a través del hecho físico, que se desarrollan en periodos de tiempo prolongados y que muchas veces tienen consecuencias físicas y sociales de largo plazo.⁵

Los análisis sobre la obtención de significado de los hechos urbanos tiene dos paradigmas de análisis, la primera, que referiremos a aquellos hechos físicos que se encuentran relacionados con acciones sociales o históricas y que hemos asociado entre ellos de forma simbólica; y la segunda, elementos de identidad emocional simbólica que hemos ido desarrollando porque son los puntos de identificación a través de los cuales nos movemos en el espacio (Lynch, Kevin, *La imagen de la ciudad*, 1984).

Para este estudio consideramos las dos vertientes, ya que los dos acueductos tienen elementos físicos que identificamos con elementos fijos en la ciudad con pocos significados o disociados de su significado original: como ejemplo en el acueducto de Xochimilco tenemos las casas de bombas, incluyendo la de la Casa de la Condesa, que perdiendo su significado original fueron transformadas en casas de cultura; como ejemplo en el caso del Lerma, son los puentes del acueducto, que se reconocen en su función de puentes viales sobre barrancas, y finalmente las fuentes y los acueductos, que en algunos casos conservan algunos de estos significados, por ejemplo, en el Caso de Xochimilco, los respiraderos y la casa de las válvulas y los grandes depósitos de Dolores, en el caso del Lerma, el Cárcamo de Dolores. Estos elementos se han constituido en hitos urbanos con los que definimos una parte de la apropiación del espacio y de los imaginarios sobre la ciudad. Este establece en sí, un juego complejo ya que instala desde el principio que la relación entre el objeto y el signo no es una relación unívoca, que el lugar puede cargarse de múltiples valores a veces contradictorios (Roncayolo, 1988: 133).

⁵ Braudel Fernand. Histoire et Sciences sociales : La longue durée. In: Annales. Économies, Sociétés, Civilisations. 13^e année, N. 4, 1958. pp. 725-753; doi : 10.3406/ahess.1958.2781 http://www.persee.fr/doc/ahess_0395-2649_1958_num_13_4_2781

Por otro lado, es muy difícil disociar al Sistema Lerma de los conflictos por el agua desatados en la gran sequía del 1973-74, que llevaron a las comunidades locales a romper una parte de la estructura del acueducto para obtener agua e impedir que llegara a la ciudad, el hecho ha terminado por asociar en el imaginario colectivo el acueducto del Lerma al desastre ambiental, sin dejar casi espacio para otras perspectivas.

El desarrollo de la investigación se apoya en la concepción que sobre la modernidad ha desarrollado Marshall Berman en su libro *Todo lo sólido se desvanece en el aire*. Berman habla del modernismo como "...una lucha por sentirnos cómodos en un mundo que cambia constantemente, nos daremos cuenta de que no hay modo alguno del modernismo en que pueda llegar a ser definitivo." (Berman, 2011: xii), podemos pensar por supuesto que esta concepción puede ser contradictoria con el concepto de larga duración, sin embargo los procesos de modernización de la ciudad, que pueden tener acciones coyunturales, presentan siempre aspectos de largo plazo que influyen largamente en el proceso de desarrollo urbano y en las transformaciones de la cultura urbana.

Este concepto de modernidad nos habla de sujetos inmersos en una cultura que quieren cambiar "-de transformarse y transformar su mundo- y el miedo a la desorientación y a la desintegración, a que su vida se haga trizas... Es ser, a la vez, revolucionario y conservador: vitales ante las nuevas posibilidades de experiencia y aventura, atemorizados ante las profundidades nihilistas a que conducen tantas aventuras modernas, ansiosos por crear y asirnos a algo real cuando todo se desvanezca." (Berman, 2011: xix). Por esto, los procesos de modernización tienen en sí el germen de la autocrítica, produciendo nuevas acciones de cambio y renovación.

Los procedimientos de renovación de las infraestructuras estudiados, generan una modernización no exenta de críticas y a pesar de ser dos procesos que presentan características específicas, propongo que tienen en su base un concepto de mejoramiento colectivo, de obras generadas buscando el bienestar público; y que estos aspectos pueden relacionarse con elementos sustantivos de lo que consideramos la modernidad, sobre todo a partir del siglo XVIII, como una búsqueda "de progreso moral y social, de libertad personal y felicidad pública que nos legaron los modernistas de la Ilustración del siglo XVIII. " (Berman, 2011: xvi).

Otro de los aspectos destacados por Berman en relación a la modernidad, es que la mayoría de los pensadores modernos del siglo XIX, comprendieron perfectamente como algunos de los elementos de la modernidad incidían en la enajenación del hombre: “también comprendieron las formas en que la tecnología y la organización social moderna determinaban el destino del hombre. Pero todos creían que los individuos modernos tenían capacidad para comprender este destino y, tras haberlo comprendido, luchar contra él.” (Berman, 2011: 15). Esta visión, bastante crítica de algunas de las tendencias contemporáneas contra la modernidad, las desafía justamente al hablar de esta posibilidad que tiene el hombre moderno de reaccionar ante sus propios errores o ante las consecuencias derivadas de los procesos que la modernidad pone en marcha.

Como se verá más adelante, en las críticas hacia la tecnología que se desarrollan en muchos de los estudios sobre la construcción de los dos acueductos hay un enfoque parecido a la visión crítica de la modernidad del siglo XIX -la tecnología vista como un monstruo de difícil control-, y que en algunos casos se insiste en buscar soluciones en un tiempo prístino que posiblemente nunca existió, pero al que tampoco es posible retrotraer la realidad.

En las *Conversaciones con Goethe* de Eckermann⁶, podemos encontrar algunos rastros de la modernidad como deseo de desarrollo y de transformación del mundo, de mejora de nuestras condiciones de vida y de innovación en nuestro entorno natural y social: “Eugenio Napoleón (duque de Leuchtenberg) ... me dio a conocer un plan cuya ejecución debatió mucho conmigo. Se trataba de unir el Rin con el Danubio a través de un canal. ¿ Una empresa colosal! Sobre todo si se tiene en cuenta la resistencia del terreno. Pero para un hombre que ha servido bajo las órdenes de Napoleón y que ha hecho temblar al mundo con él, no hay nada imposible. Carlomagno había tenido ya ese mismo plan e incluso ordenó dar comienzo a los trabajos, pero la empresa quedó paralizada, pues la arena se obstinaba en ceder y las masas de tierra volvían a caer una y otra vez por ambos lados de la zanja.” (Eckermann, 2010: pp.117-118), el párrafo muestra claramente como la cultura occidental ha intentado siempre transformar su entorno físico y social, el canal que une el Rin y el Danubio está construido actualmente y en el caso de Europa es posible hablar de un conjunto de cuencas hidráulicas artificiales a través de las

⁶ Eckermann, J.P. (2010) *Conversaciones con Goethe*, edición de Rosa Sala Rose, Ed. Acantilado, Barcelona. Las *Conversaciones con Goethe* de Eckermann son citadas ampliamente por Berman en la concepción de la modernidad fáustica: el deseo de desarrollo.

cuales se manejan las crecidas, las inundaciones y la dotación de agua, y que se despliegan sobre amplias regiones que sobrepasan los límites nacionales.

También en este libro encontramos referencias a los proyectos en América, en conversaciones de Goethe con Humboldt:

... sus puntos de vista sobre el proyecto de perforación del istmo de Panamá parecían interesarle especialmente.

- Humboldt, con gran conocimiento de la materia ha indicado otras localizaciones en las que, aprovechando algunas corrientes de la Bahía de México, quizá se pudiera llegar a una meta aún más ventajosamente que en la misma Panamá. Pero todo esto está reservado al futuro y a un gran espíritu emprendedor. No obstante una cosa es segura: si se pudiera perforar la tierra de modo que fuera posible pasar con barcos de cualquier carga y tamaño a través de un canal que uniera la Bahía de México con el océano Pacífico, ello tendría consecuencias no solamente imprevisibles para toda la humanidad, tanto civilizada como por civilizar. Desde luego, me sorprendería que los Estados Unidos dejaran que se les escape de las manos una obra de tal envergadura... poco a poco irán surgiendo ciudades comerciales de gran relevancia como intermediarias en el gran tráfico con China, las Indias Orientales y los Estados Unidos (Eckermann, 2010: 678-679).

Quizá lo asombroso de esta mirada desde 1827 sea la claridad con que Goethe puede situar los cambios geopolíticos y económicos que el futuro canal de Panamá tendrá sobre el comercio y los países de América Latina, Estados Unidos y la facilidad estratégica del comercio hacia el Pacífico. Y es imposible al leerlo dejar de pensar en todas las posibilidades que se abren a la aventura humana apoyada en la ciencia y la tecnología.

Después de la segunda guerra y sobre todo a partir de los años sesenta del siglo XX, con las críticas a la energía nuclear y el inicio de varias crisis económicas, de energía, de medioambiente, etc., muchas de las consecuencias de la utilización de la tecnología empezaron a mostrar un lado mucho mas oscuro de los procesos de modernización, "...para muchos, todo un proyecto de modernización que había durado siglos aparecía como un error desastroso, un acto de maldad y desorden cósmico. Y la figura de Fausto aparecía en un nuevo

papel simbólico, como el demonio que había privado a la humanidad de su unidad primigenia con la naturaleza y nos había empujado por el camino de la catástrofe.” (Berman,2011: 76); esta crítica, que podemos encontrar semejante a algunas de las que se hacen hoy en día, sobre todo desde el campo de la socio-ecología, muestra una confianza disminuida en la capacidad del hombre contemporáneo para relanzar los proyectos de la modernidad. Al mismo tiempo, la crítica se hace necesaria para el control de los efectos no buscados de la tecnología, y se convierte también en un desafío para imaginar nuevas formas de la modernidad.

Simone Neri, en su estudio sobre las infraestructuras en Italia entre 1880 y 1920, establece que la modernización de las ciudades realizada a través de las infraestructuras apoyó su transformación en un complejo urbano-industrial, dónde los proyectos de infraestructuras (energía eléctrica, transporte, agua y saneamiento) estudiaron muchos aspectos urbanos dando por resultado proyectos mucho más complejos que si fueran solamente analizados a través del concepto del higienismo.

El crecimiento demográfico y las infraestructuras obsoletas, requirieron una serie de proyectos que están en la base de la formación de la ciudad como un complejo urbano-industrial y permitieron iniciar los análisis del ciclo completo del agua urbana como un todo integrado⁷.

Si bien, en varios estudios se ha demostrado que la industria bajo el porfiriato llegó a ser competitiva incluso de forma internacional⁸, exhibía problemas en la obtención de energía y en

⁷ “These changes resulted in the modern city, or better, a city that in social, productive, and technological terms can be defined as an “urban-industrial system.” During this period, the management of water emerged as one of the most pressing problems that cities faced.2 Although contemporaries generally focused on urban water as an issue of hygiene, an environmental approach reveals a more complex picture. Water management was part of the process that saw the social incorporation of natural resources, or the development of new modalities for integrating parts of the ecosystem, within the system of production and reproduction. It is important that the water cycle in its entirety is taken into consideration, but it is also vital that the many ways in which water was used (hygiene, food, production, energy, transport, etc.) are examined. In addition, the interaction between the use of water and other natural resources such as land should also be scrutinized. Water management transformed not only the technological infrastructure but also the ecology of the emerging modern city.” (Neri Serner, 2007: 813-814)

⁸ Gómez Galvarriato (“Industrialización, empresas y trabajadores industriales, del porfiriato a la Revolución: la nueva historiografía” en Historia Mexicana, vol. LII, núm. 3, enero - marzo, 2003, pp. 773-804 ha desarrollado varias investigaciones, donde prueba que las empresas contaban con protección arancelaria, pero habían llegado a ser tan competitivas productivamente como las inglesas, en el caso de Fundidora Monterrey y algunas fábricas textiles, contra otras visiones como *Industria y Desarrollo* (Haber, 1989)

el transporte; y presentó una gran concentración en el centro y norte del país⁹: En la ciudad de México, los requerimientos de energía hicieron que muchas de estas industrias se localizaran en los sitios donde los ríos y manantiales podían generar fuerza motriz y los requerimientos de agua estuvieran cubiertos. Debido a los grandes problemas para el suministro de agua, existía una percepción (ver Capítulo I. La sed de la ciudad de México) de que el agua de la ciudad debería ocuparse para uso exclusivo de las casas habitación, ya que los usos “comerciales” e “industriales” tendrían que procurársela de forma independiente. Efectivamente, muchas de las industrias que quedaron dentro del área urbana, construyeron sus propios pozos artesianos¹⁰.

La ciudad de México en el período porfirista presenta a raíz de esto algunas características diferentes a las expresadas por Neri Sarnieri en su investigación, ya que en el desarrollo del proyecto para el Acueducto de Xochimilco, se incorporaron de forma general los usos comerciales, sin aclarar si se referían a comercios o a industrias y no constituyó nunca un motivo de reflexión, como si ocurrió con el caso del agua para incendios. Esto indica claramente que los requerimientos de la industria no constituían una de las principales preocupaciones del ingeniero Marroquín, lo que configura de entrada una concepción de la ciudad un poco diferente, ya que los requerimientos de agua se calculaban en base al crecimiento poblacional y no incorporaba las demandas industriales de agua que deberían ser crecientes.

EL Sistema Lerma, a diferencia del anterior, formó parte de una propuesta de desarrollo regional industrial basado en el corredor Toluca-Lerma. Ariel Rodríguez Kuri (1995) identifica claramente esta relación, economía urbana e infraestructura al mencionar que “Las grandes obras públicas –propongo- dirigidas a modernizar el trazo urbano, la infraestructura de comunicaciones (tranvías, ferrocarriles, muelles, canales) y las redes hidráulicas (agua potable, drenaje) tuvieron un impacto definitivo al nivel de la economía y la forma urbana, e incluso al nivel de las formas de articulación del poder local y nacional.” (Rodríguez Kuri, 1995: 163)

Por otro lado, las dificultades del medio natural en la ciudad de México, tuvieron como consecuencia que se manejaron por separado dos grandes sistemas: el de abasto de agua y el de saneamiento, ya que este último tenía como una de sus funciones primordiales, evitar las

⁹ Rosenzweig 1965: 461. citado por Gómez Gavarrato, 2003: 776).

¹⁰ Por otro lado, el hecho de que muchas industrias tuvieran pozos artesianos propios dentro de sus instalaciones, permitió que en 1922, cuando las bombas de la Condesa se estropearon, los habitantes pudieran acudir a buscar agua a alguno de estos establecimientos. (Rodríguez Kuri, 2005).

inundaciones que la aquejan, con la creación de grandes obras hidráulicas que drenaron el agua fuera de la cuenca. Esto no significa que los cálculos de dimensionamiento del drenaje no contemplaran el desalojo de las aguas servidas, sino que fue construido antes que el sistema de aprovisionamiento de agua potable en el periodo porfiriano, consolidando una visión diferenciada entre los dos sistemas, misma que continúa hasta ahora (problemas de inundaciones en Iztapalapa y Chalco, nuevos ductos profundos para el desalojo de aguas, etc.). El problema de este enfoque es que ha perdurado tanto tiempo que es muy difícil actualmente pensar los dos sistemas integrados en el funcionamiento de una gran cuenca artificial y quizá – propongo- este es uno de los principales problemas que existen para pensar una respuesta coherente entre desarrollo y sustentabilidad en la Ciudad de México.

Desde el punto de vista medioambiental, los estudios de Patricia Lankao sobre Xochimilco y Lerma son una aproximación muy documentada al problema de los impactos de los acueductos, sin embargo, la visión orientadora del trabajo hace que se expresen en él algunas consideraciones que son fácilmente refutables, como el hecho de que el agua de Xochimilco se llevó a Chapultepec para proporcionar agua a las nuevas colonias de la Condesa. Existen condicionantes técnicas en el proyecto, como la mayor altura de la zona de la Loma de Dolores que permitía almacenar agua en los tanques para el momento de mayor demanda y la necesidad de conectar con la antigua red de tuberías, que hacen inviable esa aseveración. Por otro lado, una parte de los estudios ecológicos hace énfasis en los perjuicios ocasionados, despojando a los acueductos de la necesidad que los origina, el agua para las actividades humanas en los grandes conglomerados urbanos, los procesos de industrialización y el desecamiento de lagunas para la utilización de tierras en agricultura y ganadería, dejando solamente el gran impacto ambiental, desligado de los otros procesos, tanto a nivel local como regional.

Por otro lado, cuando se analizan los aspectos económicos, nos encontramos con los cambios que afectaron la cultura y las bases económicas lacustres de los pueblos localizados a las orillas de los lagos, y los graves conflictos desatados por la propiedad de la tierra de los terrenos desecados (Birrichaga, 1998; Lankao, 1991, 1993), sin confrontar con los datos (positivos) sobre los procesos económicos de productividad agrícola, ganadera o industrial que se generaron como consecuencia de los acueductos.

En algunos casos (Ruiz Rivera y Delgado Campos, 2013) se plantean lecturas desde el concepto de bienestar "...se puede suponer que el bienestar es un concepto complejo que no se refiere únicamente al ingreso económico o a aspiraciones individuales, como la búsqueda de utilidad o de placer. Por el contrario, el análisis del bienestar requiere la consideración de procesos no necesariamente económicos, tales como la participación social, la integridad física de los individuos y cultural de los colectivos, así como la transmisión de conocimientos." (p. 95) y que permite visualizar los cambios culturales y económicos en esas comunidades.

En el *Atlas de la Cuenca del Lerma*, hay una aproximación más ajustada a los problemas del desarrollo sustentable, en primer lugar con una mirada a la cuenca del Lerma en su conjunto, lo que implica ya un primer paso importante en la visión del análisis; muchos proyectos hidráulicos han sido construidos para determinadas localidades, las jurisdicciones superpuestas de los diferentes niveles de gobierno, las visiones locales y regionales han llevado a análisis fragmentarios de los problemas, esta visión más compleja comprende los aspectos sociales, medioambientales y económicos. Uno de los principales problemas que detectan es que muchas de las soluciones que se han dado durante años, contemplan de forma parcial algunos de los problemas e intentan solucionarse a través de uno solo de los vectores por ejemplo el agua, disminuyendo la extracción pero sin modificar otros procesos.

Quizá la aproximación más interesante desde mi punto de vista, es la que realizó Carl Smith sobre las infraestructuras del agua en Filadelfia, Boston y Chicago, una historia sobre las ideas que relaciona ciudadanía, salud, medio ambiente, leyes y estética con la idea de ciudad y bienestar público que originó la construcción de estas grandes infraestructuras del agua en el siglo XIX. La aproximación se basa en cuatro grandes cuestiones: 1. ¿Cómo la gente de estas ciudades entendió la ciudadanía en momentos de gran crecimiento urbano y económico?; 2. Cómo los habitantes urbanos conceptualizaron el paisaje urbano que estaban construyendo y que desplazaba al mundo natural?; 3. Cómo los ciudadanos percibieron la relación entre su propio bienestar y el de la ciudad?; y por último, 4. Cómo los habitantes situaron la vida urbana contemporánea en relación al tiempo y la historia?. Sin intentar contestar todas estas preguntas, una confrontación entre algunas de estas cuestiones permiten una aproximación más fidedigna a los procesos de construcción de las grandes infraestructuras estudiadas.

Por último, en este libro queda atestiguado como los ingenieros y autoridades que construyeron, pensaron y aprobaron estos sistemas de agua potable tenían como referencia a los grandes

constructores de acueductos de diferentes épocas y su ansia por dejar una marca para la eternidad de estas grandes hazañas de la ingeniería:

The builders of water systems wished to attest to future generations that they were masters and not victims of time. Like Roman aqueducts, their waterworks would impress and inspire people many years hence. An emphasis on permanence ran through the repeated insistence on how long waterworks structures would last and limitlessness of the quantity of water sources they would provide. “this people build for eternity”, Goethe marveled upon visiting Rome, and the promoters of public water projects in Philadelphia, Boston, and Chicago claimed that they had acted in the same spirit. (Smith, 2014: 224).

La comprensión de la tecnología desarrollada en cada uno de los acueductos, los signos y huellas que marcaron a la ciudad y las ideas que sobre la ciudad pueden desprenderse de la construcción de estos acueductos es lo que he intentado investigar en esta Tesis.

Capítulo I. La Sed de la Ciudad de México

El uso de la tecnología para la resolución de los problemas de inundaciones y abasto de agua en la ciudad de México constituye uno de los capítulos más interesantes de su desarrollo. Estas huellas del agua creadas por el hombre, permitieron a los habitantes de la ciudad establecer un cierto control sobre su medio ambiente, haciendo factible la expansión urbana y mejorando su calidad de vida.

Entender la necesidad de agua que sufre la ciudad de México requiere por un lado, echar mano de la geografía para concebir el funcionamiento de la cuenca hídrica, y por otro, de la historia y la antropología para comprender que México, dadas las características del entorno natural donde se asienta, fue desde su fundación una ciudad en lucha contra su entorno natural; este factor hizo que su preservación se convirtiera en un objetivo simbólico fundamental a lo largo de los siglos.

Por otro lado, históricamente las ciudades han incorporado los recursos de agua de su entorno inmediato y han ido expandiendo su *hinterland* de acuerdo a sus necesidades de crecimiento urbano, esta búsqueda de fuentes ha generado diversos impactos en los lugares de extracción y en la deposición de desechos. A lo largo de los siglos se sucedieron experiencias exitosas de conservación de los recursos (recursos forestales, manantiales, etc.) y manejo ecológico de los desechos líquidos y sólidos (procesos de transformación en composta y utilización de abono, soterramiento, alimentación de animales, etc.).

A partir de la revolución industrial, el impacto sobre los sistemas empezó a perder el equilibrio, porque estos no fueron capaces de absorber el crecimiento. En el siglo XX la transformación de las sociedades hacia sociedades urbanas ha acelerado los procesos de afectación medioambiental, pero también ha multiplicado las posibilidades de soluciones técnicas aunque algunas de ellas son todavía muy costosas.

1.1. Características geográficas de la Cuenca del Valle de México.

El Altiplano Central de México es un zócalo continental que alberga al Valle y a la Ciudad de México, en el extremo Sur del Altiplano, a unos 2,400.00 msnm, se encuentra una depresión que tradicionalmente ha recibido el nombre de Valle de México, aunque no es estrictamente un

valle según la definición geográfica (superficie terrestre erosionada por una corriente fluvial o glacial), ya que no posee un drenaje general que haya modelado la superficie.

La Cuenca del Valle de México es una cuenca cerrada o endorreica, de contorno irregular con un eje mayor de 110 km en dirección NE-SE que va desde Xochimilco hasta Pachuca y otro menor en el sentido perpendicular desde la Sierra de las Cruces hasta las cimas del Iztaccihuatl que mide aproximadamente 80 km.

La parte más llana de la cuenca se denomina Valle de México. La extensión superficial de la Cuenca es de 9,600 km² e incluye las lagunas tributarias de Apan, Teocomulco y Tóchac que fueron incorporadas a la cuenca mediante obras de ingeniería.

Es probable que al final de la época glacial los numerosos lagos formaran uno solo gran cuerpo de agua poco profundo. A la llegada de los españoles, la cuenca presentaba un conjunto de lagos y lagunas siendo los más importantes los siguientes: Texcoco, México, Chalco, Xochimilco, Zumpango, San Cristóbal, Xaltocan, Apan, Tóchac y Teocomulco. La parte occidental del gran Lago de Texcoco, que quedó confinada entre el Albarradón de Netzahualcóyotl y tierra firme se conoció como Lago de México.

En el periodo de mayor precipitación, el gran lago llegó a tener 80 Km. de norte a sur y 45 de este a oeste; en su interior había varias islas, siendo las más importantes Tenochtitlan, Tlatelolco, Nonoalco, Mixhuca y Tlalpan. En los periodos de altas temperaturas, el gran lago formaba cuerpos separados. Era alimentado por multitud de ríos, arroyos y manantiales, siendo un lago poco profundo que fue subiendo de nivel por los depósitos sedimentarios. La Cuenca presentaba ya en este momento características de una cuenca madura, los lagos se encontraban en un proceso de relleno sedimentario que los hacía más extensos y poco profundos, y sujetos a un fuerte fenómeno de evaporación.

La parte más profunda de la cuenca correspondía al Lago de Texcoco. Desde 1824 se llevaron a cabo mediciones de las subidas de los lagos y se asignó como cota 0.00 al Lago de Texcoco, de tal forma que el Lago de Zumpango tenía 5.06 m de elevación relativa sobre éste y drenaba al Lago de Xaltocan que se encontraba a 3.00 m sobre el nivel del Lago de Texcoco. El Lago de Chalco estaba a 2.57 m y se unía al de Xochimilco cuya elevación era de 2.60 m, drenando todos al Lago de Texcoco, que concentró con estos escurrimientos los depósitos salinos.

Al ser analizado por Humboldt en 1803 tenía una densidad relativa de 1.025, equivalente al agua de mar. Esto dio lugar a que en sus orillas se evaporara el agua en estanques para obtener sal durante el periodo prehispánico y parte del periodo colonial. (Santoyo et al., 2005).

Por sus grandes dimensiones, la cuenca presenta diversos climas y su régimen pluvial varía zonalmente, actualmente en la parte norte la precipitación media es de 400 mm y en la sur es de 1400 mm, las lluvias se presentan durante todo el año, aunque en el periodo de estiaje éstas son pequeñas y localizadas.

El clima del Valle se clasifica como subtropical de altura, templado, semi-seco y sin estación invernal bien definida. Los meses de febrero y marzo son los más ventosos, abril, mayo y junio son el periodo más caluroso, de mayo a octubre se presenta el periodo de lluvias y de noviembre a abril el clima es más seco.

La mayor parte de los ríos de la Cuenca son de carácter torrencial, con avenidas de corta duración que a veces pueden resultar peligrosas, en general sus cauces permanecen secos durante el estiaje. Existen solamente 9 ríos con cauce perene: Magdalena, Mixcoac, Tacubaya, Hondo, Tlalnepantla, Cuautitlán, Tepetzotlán, San Juan Teotihuacán y de La Compañía.

De los 30 ríos que alimentaban los Lagos, ocho eran los principales: Cuautitlán, Tepetzotlán, de las Avenidas de Pachuca, Magdalena Contreras, Tlalnepantla, Los Remedios, Tlalmanalco y Amecameca. Históricamente, los que han tenido mayores crecidas son los ríos del poniente como el Cuautitlán, el Tepetzotlán y el de la Magdalena Contreras, siendo el primero de ellos el que causó la peores inundaciones durante el periodo virreinal. Les siguen a estos el río de Tlalnepantla y el de los Remedios. El de las Avenidas de Pachuca posee poco caudal y los dos ríos que se alimentan de los deshielos del Popocatepetl y el Iztaccihuatl no han sido peligrosos hasta ahora, sin embargo recibieron esta clasificación por Humboldt, por el riesgo de deshielos intempestivos a raíz de la actividad volcánica.

Además de los Lagos existían extensiones de bosques en las laderas montañosas que permitían la filtración de agua al subsuelo. Los depósitos subterráneos, llenos a su capacidad mantenían el flujo de numerosos manantiales dando como resultado un ambiente donde la evaporación de los lagos y de la vegetación propiciaban un nivel de humedad atmosférica mayor a la actual, más confortable y menos sujeta a variaciones bruscas y pronunciada de temperatura que en el presente.

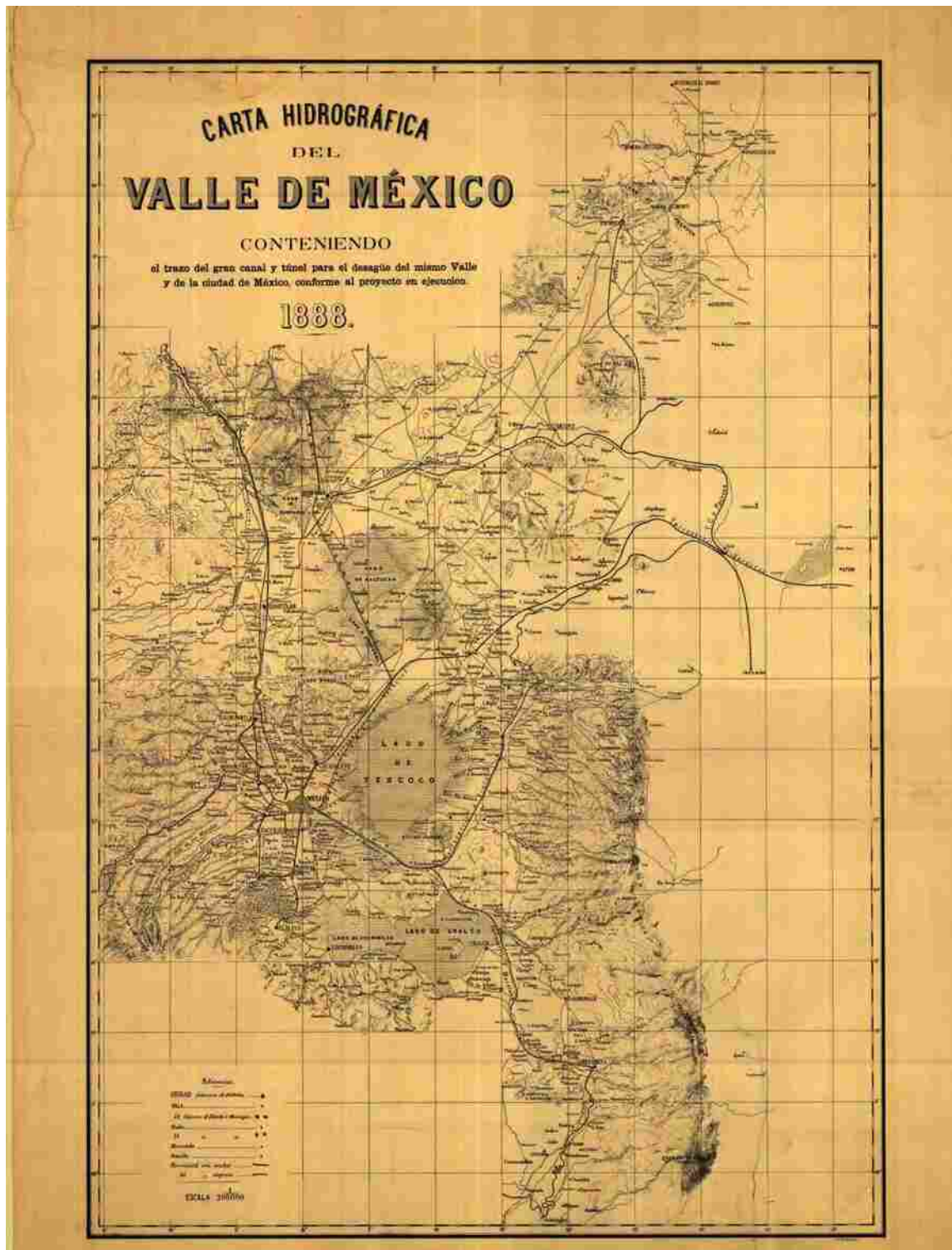


Figura 1. Carta Hidrográfica del Valle de México, 1888, AHCM, PH2G1p018AHCM

De los manantiales que manaban al interior de la Cuenca, tenemos que aproximadamente diez brotaban en Chalco y Xochimilco, otros seis al poniente, cinco en el norte y norponiente, siendo algunos de ellos de aguas salobres o termales. La descripción de Orozco y Berra revela la existencia de varios manantiales de agua dulce como: Chapultepec, Santa Fe, Xochimilco, Coyoacán, Churubusco y Xancopinca (al norte de Santiago Tlatelolco); manantiales de aguas salobres como los de Iztapalapa; manantiales de aguas termales como los del Peñón de los Baños y el Pocito de Guadalupe, hace también mención de la existencia de manantiales de agua dulce en pequeños islotes del Lago de Texcoco, que recibían el nombre de tlalteles, y por último alude también al ojo de agua de Pantitlán¹¹.

La Cuenca de México se encuentra situada entre los meridianos 98° 15' y 99° 30' y los paralelos 19° 00' y 20° 15'. Se encuentra completamente rodeada de montañas, siendo las del sur las más importantes; la planicie central oscila entre los 2240 m en el sur y los 2390 m de altitud en el norte. Los últimos reductos de los lagos son el Lago de Texcoco, que era el más profundo y el Lago de Zumpango. El área llana hacia el norte presenta elevaciones volcánicas aisladas y hay también varias depresiones que en época de lluvias conforman las lagunas someras de Apan, Tóchac y Teocomulco.

Desde el punto de vista fisiográfico, la Cuenca puede dividirse en tres partes: La zona meridional, limitada al este por las Sierras Nevada y Río Frío, al oeste la Sierra de las Cruces, al sur la Sierra del Chichinautzin y al norte, de forma incompleta por la Sierra de Guadalupe, el Cerro de Chiconautla y la Sierra de Patlachique. En ella las lluvias son más importantes que en el resto y por lo tanto presenta una abundante vegetación.

En la época de lluvias, los numerosos arroyos que descienden de las sierras y lomas del este y del oeste conducen las aguas a la planicie central, hacia lo que eran los espacios pantanosos de los lagos y que se conformaban como enormes vasos de evaporación en época de secas.

La zona septentrional de la cuenca se une a la meridional a través del Estrecho de San Cristóbal, situado entre el Cerro de Chiconautla y la Sierra de Guadalupe. Es una parte de la planicie central que se extiende hacia el norte, hasta las estribaciones de la sierra de Pachuca. Hacia el oeste y noroeste las Sierras de Monte Alto y Tepetzotlán y otras prominencias menores

¹¹ Orozco y Berra dice en su obra que este manantial fue estudiado en profundidad a raíz de la gran inundación de 1629, porque se creía que era un sumidero por donde se podrían drenar las aguas, reconociéndose tras los estudios como manantial.

forman un parteaguas irregular. Hacia el este, múltiples colinas bajas separan la zona norte del área de Apan y Tóchac. En el norponiente cierra la cuenca la Sierra de Tezontlalpan, bloque antiguo fallado y hundido en su parte sur. La zona norte de la cuenca tiene lluvias escasas y vegetación precaria, el desagüe natural es hacia el sur, por el río de las Avenidas hacia la zona llana de la Laguna de Zumpango, entre Zumpango y los Reyes Xalostoc el río de las Avenidas formó un delta extenso.

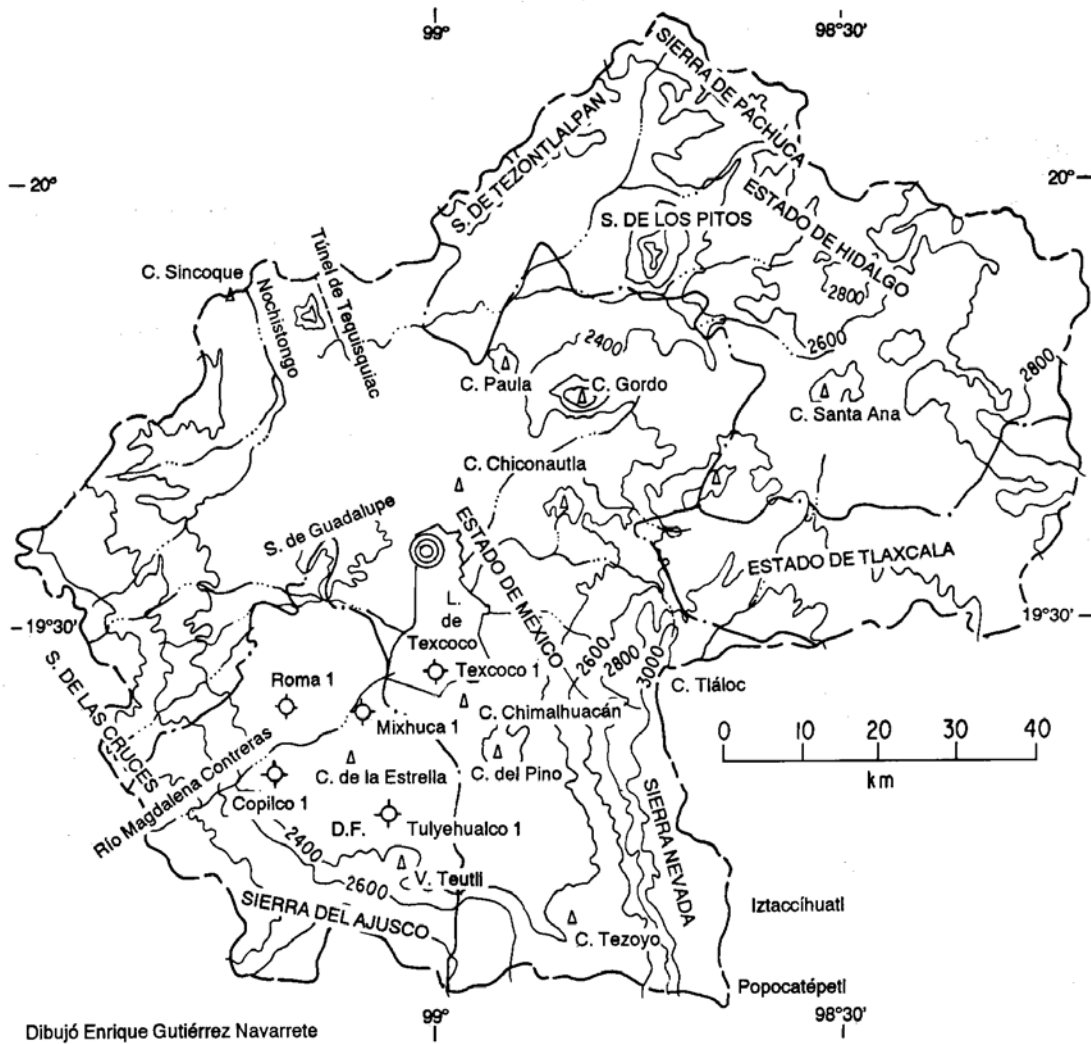


Figura 2. Mapa fisiográfico de la Cuenca del Valle de México Fuente: Nomenclatura Estratigráfica propuesta para la Cuenca del Valle de México, Revista del Instituto de Geología, Vol. 10, N° 1, 1992, p 26-36

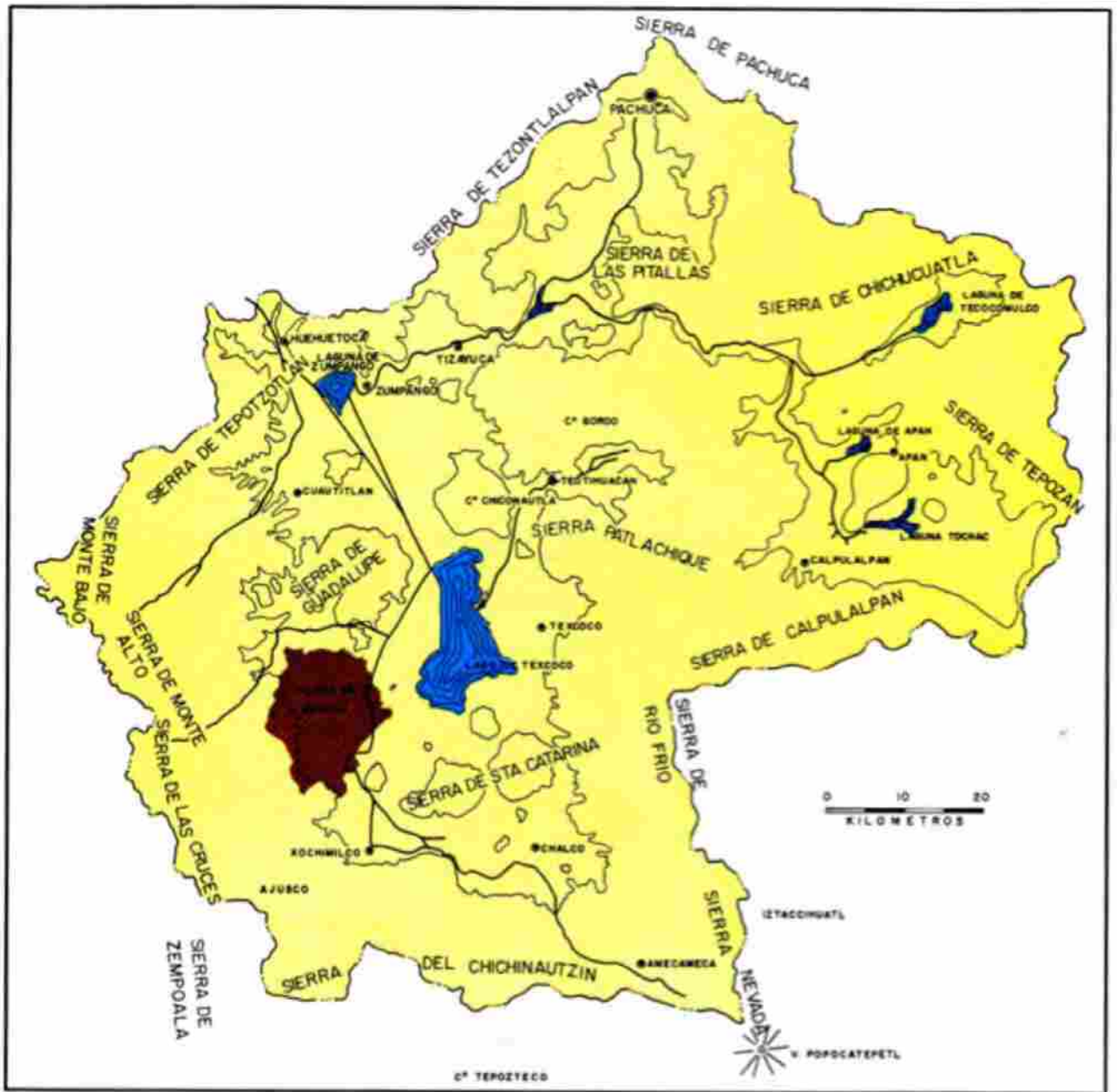


Figura 3. Mapa de las Sierras y Lagos de la Cuenca del Valle de México. Fuente: Memorias de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. Tomo I (p. 26)

La parte nororiental de la cuenca ocupa una superficie menor que las anteriores. Es una zona compleja con una multitud de elevaciones volcánicas menores y se extiende en una franja ancha hacia el este, ocupando una zona llana entre las cumbres de la Sierra de Pachuca y de la Sierra de Río Frío. No posee un drenaje definido por lo que desagua hacia pequeñas cuencas cerradas y posee un clima semidesértico, con su multitud de conos volcánicos que presentan diferentes grados de erosión, esta zona noreste presenta un paisaje desolado.

La naturaleza tectónica de la Cuenca, presenta dos grandes fracturamientos volcánicos: el fracturamiento Chapala-Acambay y el fracturamiento Chichinautzin, que forman parte de una sola gran estructura transmexicana. Los mecanismos que rigieron su formación son comunes a todo el llamado Eje Volcánico (Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo, 1975).

En la reconstrucción de la red fluvial pre-Chichinautzin realizada considerando la distribución de las sierras miocénicas y mapas gravimétricos de las planicies meridionales, puede apreciarse el gran desagüe, al sur del Peñón de los Baños, que alimentó básicamente al Valle de Cuernavaca, a él se dirigieron los aportes fluviales desde el Norte de la Cuenca; la unión de estos aportes con el valle que corrió desde la Sierra de Guadalupe al Sur, se dio al sur del Peñón de los Baños. (Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo, 1975),

La Cuenca drenaba hacia el suroeste, antes del surgimiento de la Sierra de las Cruces, a través de fosas tectónicas. También debe haber existido un drenaje opuesto, al noreste, antes de la formación de la Sierra de Pachuca, que actuó como represa en el Mioceno Superior igual que la Sierra Chichinautzin al Sur en el Cuaternario Superior.

La Cuenca del Valle de México se asemeja a una gran presa azolvada. La Sierra de Chichinautzin corresponde a una enorme cortina de lavas y tobas jóvenes y la represa consiste en dos grandes valles sepultados, uno más pequeño con cabecera en Texcoco y la Sierra de Patlachique y otro más extenso con cabeceras en Sierra de Guadalupe; estos valles deben haber sido de pronunciado relieve en el sur, pues existen indicios de que su fondo estuvo a 1 700 m.s.n.m., casi 800 m por debajo de la actual planicie moderna de Xochimilco. (Mooser en Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo: 1975). Los márgenes de la presa natural están conformados por los complejos lávicos de la Sierra de las Cruces (al Oeste) y en el Este las bases del Popocatepetl y el Iztaccihuatl. El vaso contiene grandes abanicos volcánicos en sus laderas meridionales, en la parte norte y sur existen complejos eruptivos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario.

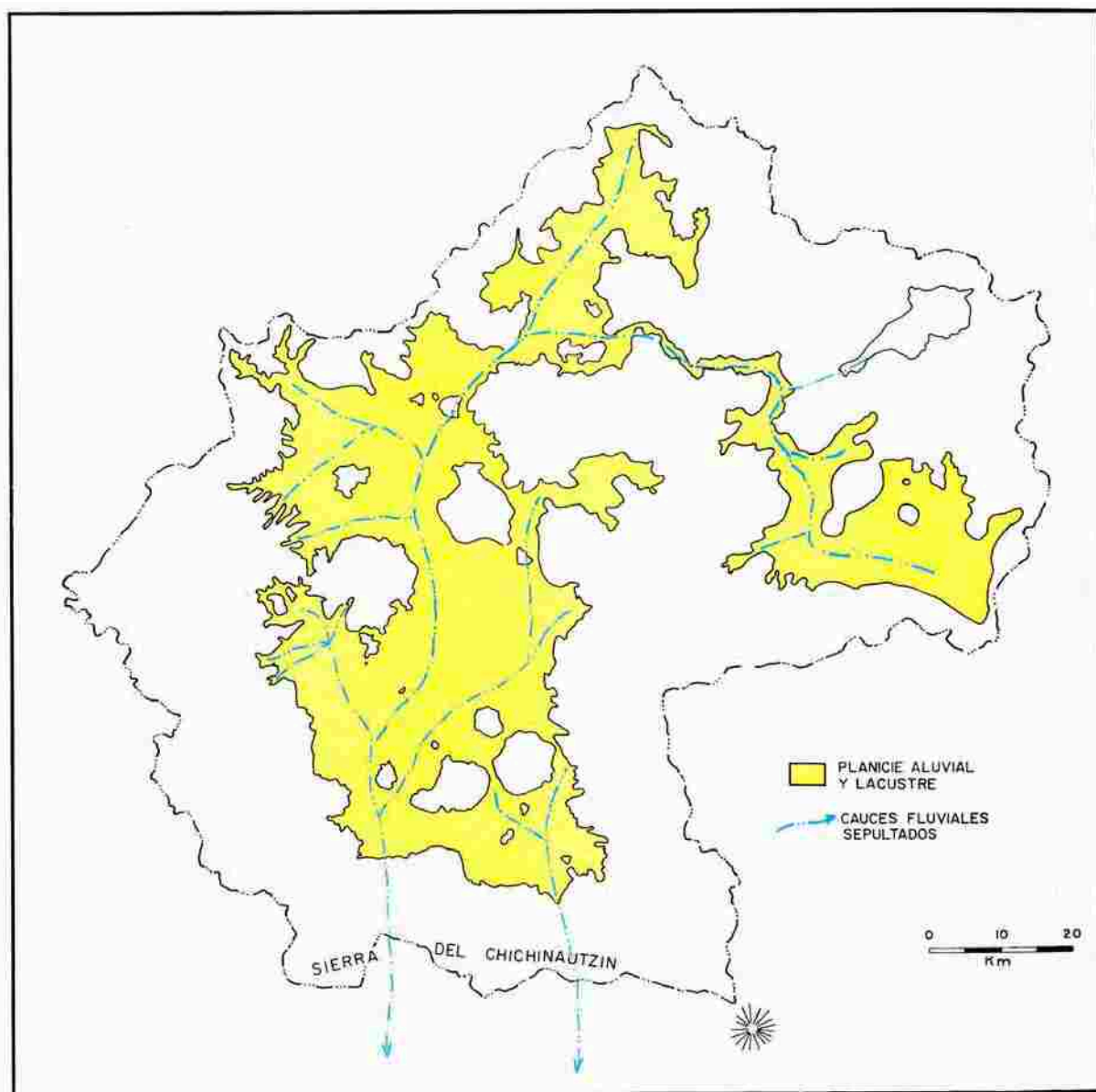


Figura 4. Mapa de la probable red hidrológica pre-Chichinautzin. Fuente: Memorias de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. 1975. Tomo I (p. 27).

En el oriente afloran formaciones del Oligoceno caracterizados por un intenso fracturamiento. Pegada a la Sierra de Tezontlalpan se encuentra la falla profunda Nevado-Pachuca, que por su fuerte caída hacia el sur pone anticlinales de calizas marinas en contacto con tobas y rocas volcánicas debajo de los aluviones del Río de Las Avenidas.

Hacia el sur, la barrera formada por la Sierra del Chichinautzin presenta ciertas fugas, sus lavas y cenizas son algo permeables y permiten un determinado flujo de las aguas contenidas en la Cuenca hacia los manantiales al sur de Cuautla y Cuernavaca. Existen posiblemente también fugas hacia el norte y noroeste, en el norte han sido comprobadas por mediciones piezométricas que acusan un descenso de los niveles freáticos a partir de Zumpango hacia el norte y otro descenso a partir de Huehuetoca al oeste.

El ciclo hidrológico original de la Cuenca fue calculado por Mooser, en su estado virgen, por haber estado saturada de agua mantuvo un ciclo simple que corresponde a:

Lluvias=evaporación + escurrimiento

que se puede expresar:

$$6000 \times 10(6) \text{ m}^3 = 5000 \times 10(6) \text{ m}^3 + 1000 \times 10(6) \text{ m}^3$$

la última cifra corresponde al volumen de escurrimiento virgen (suma del caudal de ríos, arroyos y manantiales) que se evaporaba en los vasos lacustres centrales que tenían una superficie aproximada de 600 km² antes de la conquista (Mooser, 1975; p:32).

Cualquier infiltración del agua de las sierras, afloraba en los manantiales a orillas de las planicies centrales, como los manantiales de Chapultepec, Chimalhuacán, etc.; sin embargo, con el abatimiento de las aguas del subsuelo por el uso de pozos para extracción de agua potable, los manantiales se han agotado.

De la naturaleza geológica de las sierras y formaciones volcánicas sigue dependiendo la infiltración al subsuelo y los escurrimientos. En la Sierra del Chichinautzin (al Sur), la formación de malpaíses geológicamente jóvenes se verifican extraordinarias infiltraciones y pocos escurrimientos, sin embargo, el avance de las áreas urbanas sobre esta zona pone en extremo peligro la recarga del acuífero.

Por el contrario, al norte de la cuenca, las lluvias que se precipitan al Suroeste de Tepotzotlán en las elevaciones formadas por grandes extensiones volcánicas compuestas de tobas y tepetates, los escurrimientos son extraordinarios porque el tipo de suelo apenas permite las infiltraciones.

Esta es una de las características principales de la Cuenca, cuando caen tormentas al norte y noroeste se pueden producir terribles inundaciones, mientras que si las lluvias abundantes se

producen en el sur apenas generan un moderado crecimiento de los ríos, por la facilidad con que las aguas se infiltran al subsuelo. De esta forma, los ríos Cuautitlán y de las Avenidas de Pachuca han sido los causantes de las cuatro mayores inundaciones que afectaron a la Ciudad (1449, 1465, 1555, 1629) mientras que solamente una se produjo por lluvias en el sur (1865).

Los estudios geológicos señalan los siguientes aspectos:

- Los basaltos de la Sierra del Chichinautzin son de gran permeabilidad, por lo que su alto poder de infiltración los transforma en elevados almacenadores de agua.
- En el noreste de la Cuenca (entre Tizayuca y Apan) existe una zona de lavas cuaternarias que puede ser explotada por abundar el agua.
- Las andesitas de las Sierras Mayores permiten también una buena infiltración de las aguas de lluvia.
- El espacio del Río de las Avenidas puede considerarse un espacio de almacenamiento importante de agua.
- La mayor parte de la planicie central meridional esta conformada por arcillas prácticamente impermeables. Esta gran área impermeable permitió la formación de los lagos.
- El resto de las planicies tiene depósitos arenosos que permiten la infiltración de agua, como en la desembocadura de los ríos y en las barrancas.

Los cambios fundamentales originados en la cuenca en el periodo prehispánico tiene su origen en un conjunto de hechos: al tratarse de una cuenca madura en proceso de sedimentación y cuya área central era impermeable, los lagos tenían poca capacidad de absorción en periodos de grandes lluvias, provocando inundaciones intermitentes.

La construcción de chinampas ancladas que permitieron la expansión de la ciudad, crearon grandes áreas de terreno sedimentado, que eran inundadas con el crecimiento periódico del nivel del agua. La construcción de diques, canales y compuertas para el manejo de las inundaciones alteró el funcionamiento original de los lagos¹². La tala de los bosques se inició en este periodo, reduciendo la capacidad de recarga de los acuíferos subterráneos.

¹² El manejo de la cuenca de forma artificial queda explicitado por las calzadas dique, con cortadas para permitir el paso de las aguas que, de acuerdo a sus necesidades, permitían el paso de las aguas de Xochimilco hacia el Lago de Texcoco en época de estiaje, en los canales o acequias mayores que

Durante el periodo virreinal, el desalojo de las aguas fuera de la cuenca a través de la construcción de canales, la tala inmoderada de bosques, la creación de canales y represas para el desarrollo de la agricultura desde el siglo XVII hasta principios del XIX, así como el desecamiento de las áreas pantanosas (que desde la época de los romanos eran consideradas por los europeos como el origen de múltiples enfermedades) modificó sustancialmente el paisaje y el funcionamiento hidrográfico de la cuenca, a principios del siglo XIX los lagos tenían todavía una extensión considerable aunque bastante menor a la del siglo XVI.

En el XIX, la construcción de represas para la generación de electricidad y la desecación de grandes extensiones de lagunas para aprovecharlas en la agricultura y ganadería, la expansión de la infraestructura para el manejo del agua, el inicio de la industrialización y la construcción del ferrocarril, fueron los elementos más importantes en la transformación del entorno natural.

Por último, la explosión en la urbanización de terrenos a lo largo del siglo XX (sobre todo en el último tercio del siglo) que llevó a la impermeabilización de los suelos, el entubamiento de ríos para su uso como drenaje, la creación del drenaje profundo y toda la infraestructura hidráulica para el control de las inundaciones, la deforestación debida a la expansión urbana y la extracción inmoderada de agua del subsuelo determinaron la desaparición casi total de los lagos y los ríos de la ciudad de México.

corriendo de poniente a oriente permitían el desagüe de aguas sucias hacia el Lago de Texcoco, los pequeños canales entre acequias que se usaban para el transporte, en el albarradón de Netzahualcoyotl que impedía el paso de las aguas del Lago de Texcoco hacia Tenochtitlan y hacia Xochimilco y Chalco, mejorando la productividad agrícola.

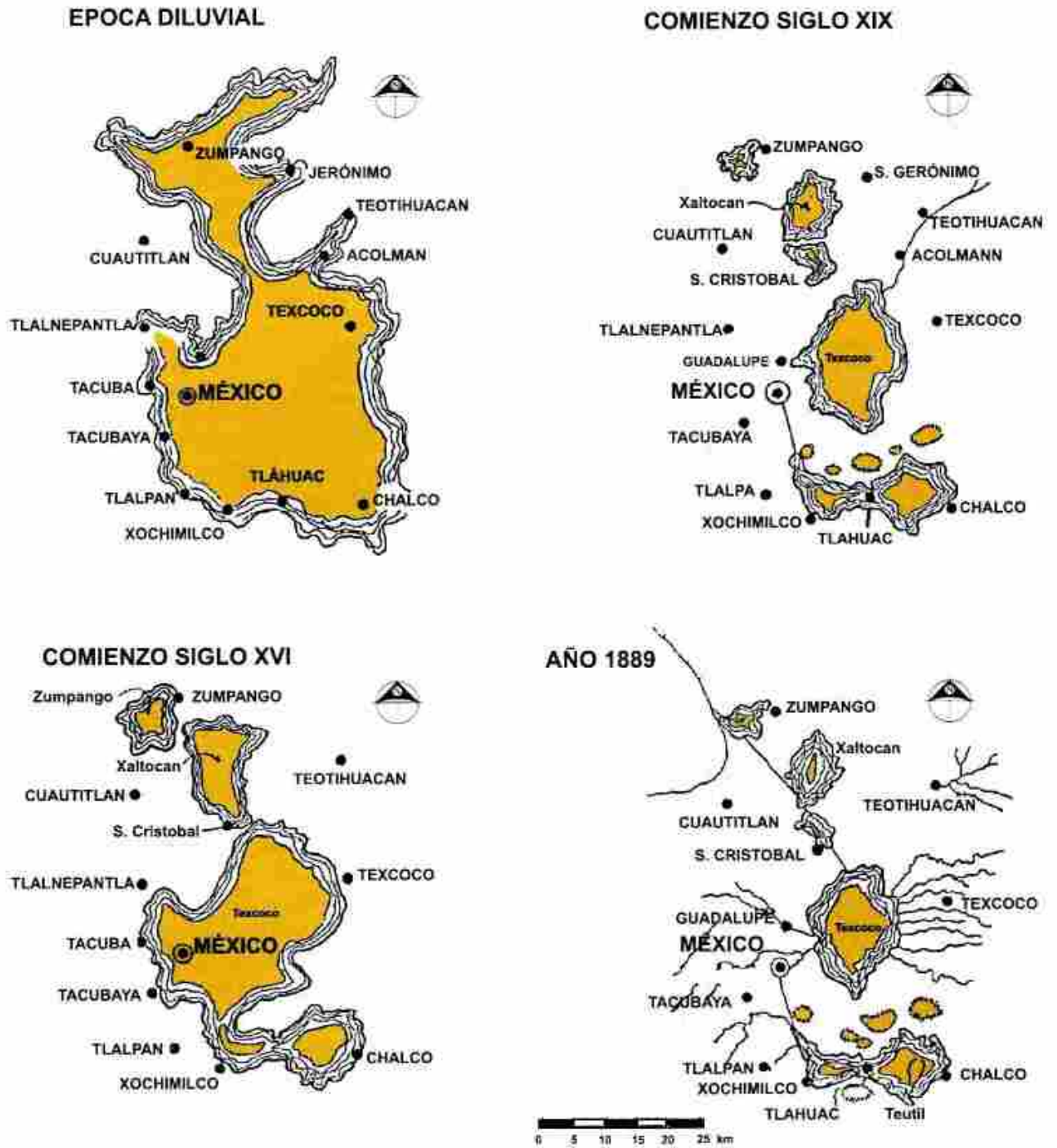


Figura 5. Evolución de los Lagos. Fuente: Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo, 1975.

1.2. Las estrategias de suministro de agua hasta el siglo XIX.

1.2.1. El sistema de aguas en el período prehispánico.

Existen diversos rastros de la ocupación urbana de la Cuenca del Valle de México en el periodo prehispánico, el primer asentamiento importante, que contaba ya con la construcción de grupos de edificios más o menos grandes se localizó al sur de la cuenca en Cuicuilco, sin embargo, el sitio más importante y más estudiado es Teotihuacán que se constituyó en el referente cultural urbano de los pueblos que fueron arribando al Valle de México.

Las fuentes históricas permiten conjeturar (Lombardo, 1973) que los aztecas pertenecían a una cultura sedentaria en su origen, que practicaban la agricultura, tenían construcciones religiosas, construían represas y fortificaciones antes de la construcción de Tenochtitlan y que tuvieron una gran influencia de los dos grandes centros del altiplano: Tula y Azcapotzalco.

La primera localización del asentamiento mexica fue en la zona de Chapultepec, donde fortificaron y aterrizaron la cumbre del cerro, siendo posteriormente expulsados de este lugar por los tepanecas. La fundación de México-Tenochtitlan en un islote en el centro del lago, permitió a los mexicas establecerse en una zona que dividía los Señoríos de Texcoco y Azcapotzalco, y poseía una cierta defensa natural por estar rodeada de agua y carrizo; en ella existían también uno o dos manantiales que facilitaron la primera consolidación del asentamiento. La leyenda habla de un manantial de aguas cristalinas en el lugar donde encontraron al águila y la serpiente, localizado posiblemente bajo el Templo Mayor –Templo de Huitzilopochtli-, y se conoce la existencia de otro manantial localizado al poniente de la Catedral. Lombardo cita a León y Gama quién afirma haber visto uno en la calle de Correo Mayor en 1791. (Lombardo,1973: 60)

La falta de espacio obligó a los aztecas a buscar la expansión a través de la construcción de chinampas que fueron ocupando la superficie del lago. Ángel Palerm (1955) indica que al principio este sistema se utilizó únicamente para aumentar la superficie habitable¹³, lo que habla

¹³ Palerm lo menciona en: La base agrícola de la civilización urbana de Mesoamérica, *Simposium sobre las civilizaciones de regadío*, Washington, Unión Panamericana; al estar rodeada de agua, la ciudad de México-Tenochtitlan crecía a través de este sistema, es probable que hubiera actividades agrícolas en las parcelas, sobre todo en la periferia urbana, pero según Palerm la producción no era suficiente para mantener a la población.

según Lombardo de la gravedad del problema demográfico que sufrían y que sería una de las causas de la posterior secuencia de conquistas.

El problema de las frecuentes inundaciones que provocaba la época de lluvia y que llevaban el agua salada hacia la zona del lago de agua dulce, generaba que los terrenos no fueran fértiles en las zonas de la ciudad sujetas a las mayores inundaciones, esto puede observarse claramente en los planos reconstruidos , con el crecimiento urbano hacia el poniente y el sur, y el poco desarrollo hacia el noreste (ver figura 5).

En el periodo de Chimalpopoca (1416-1426), los mexicas solicitaron a Tezozomoc, Señor de Azcapotzalco y abuelo de Chimalpopoca, Señor de Tenochtitlan, permiso para traer agua de Chapultepec, ya que el agua de la laguna no era apta para beber por la cantidad de plantas y la poca profundidad que tenía, dándole un carácter pantanoso. Es en esta época donde puede situarse el inicio de una de las mayores debilidades urbanas de la ciudad, la falta de agua potable, ya que los manantiales del islote no eran ya capaces de cubrir las necesidades de la población, de tal forma que la dotación del líquido hizo inevitable el enfrentamiento con el Señorío de Azcapotzalco. (Lombardo, 1973: 60)

Estas conquistas proporcionaron a los mexicas la independencia, tierras productivas y la seguridad de contar con el agua potable proveniente de Chapultepec y otras fuentes ribereñas. En este momento se inicia la construcción de la gran calzada que unió Xochimilco a Tenochtitlan (Calzada Iztapalapa) y que funcionó al mismo tiempo como un dique con compuertas removibles que permitió regular las inundaciones y proteger la zona productiva de Xochimilco y Chalco de las aguas saladas. (Lombardo de Ruiz,1973: 63).

El acueducto fue construido con mampostería bajo la dirección de Nezahualcoyotl, tlatoani de Texcoco, ya que anteriormente el agua corría por una zanja El acueducto se construyó entre 1454 y 1466, correspondía a una construcción tradicional basada en el transporte de agua por gravedad hasta la ciudad de Tenochtitlan. Las obras del acueducto proporcionaron el agua a la ciudad durante los reinados de Axayacatl y Tizoc.(Lombardo, 1973: 69)

En 1449, bajo el mandato de Moctezuma el viejo, la ciudad sufrió una inundación terrible debido a las fuertes lluvias, el acueducto quedó bajo el agua y fue necesario elevar el suelo a la altura media de un hombre (Lombardo de Ruiz,1973). Las calzadas construidas durante el periodo de Izcoatl no fueron suficientes para contener el lago de Texcoco. Es en este periodo que

Nezahualcoyotl construyó también una cerca de tres leguas de largo por cuatro bazas de ancho, empleando estacas y piedras y que quedó registrada en las descripciones de los conquistadores españoles como el Albarradón de Nezahualcoyotl. Bajo el periodo de Ahuizotl (1487-1502), aumentó considerablemente la demanda de agua por la inclinación que éste sentía por las huertas y jardines (Lombardo de Ruiz, 1973); se mandó construir entonces un acueducto que trajera agua de los manantiales de Coyohuacan y Huitzilopochco (Churubusco), éste accedía a la ciudad a través de la calzada de Iztapalapa. Sin embargo, el incontrolable manar del manantial provocó una de las peores inundaciones que se hayan registrado en la historia, con resultados catastróficos para los habitantes de la ciudad, a causa de ella murió Ahuizotl y los edificios, canales y acueductos sufrieron serios daños; hubo que cegar las fuentes, se levantó nuevamente metro y medio el piso de la ciudad y se reconstruyeron y reforzaron los edificios públicos (Lombardo de Ruiz, 1973: 69). Moctezuma Xocoyotzin no enfrentó la necesidad de mayores obras hidráulicas, aún así, ordenó renovar el acueducto en 1507, fortificando la calzada por donde entraba.

Sonia Lombardo realiza uno de los mejores análisis sobre las dificultades que enfrentó la ciudad en relación con su medio físico:

En el pensamiento mexicana expresado en sus himnos, Tenochtitlan subsiste por las flechas y escudos de sus guerreros. Esta bella imagen poética no deja de tener una base real, ya que de no haberse liberado, de no haber hecho las conquistas de los pueblos de la ribera, la ciudad hubiera sucumbido por falta de recursos propios, agobiada por los problemas de su propia ubicación, completamente adversa para su desarrollo físico.

Hasta ahora no se ha valorado suficientemente la importancia que tuvo esta ubicación desfavorable de México en sus primeros años, como el ingrediente que motivó la desafiante actitud hacia Azcapotzalco y los pueblos circundantes, en su afán desesperado de salvarla, como único refugio, como símbolo de su Estado. (Lombardo, 1973: 64)

Existen indicios de que en el siglo XVI en la cuenca de México ya se habían producido cambios climáticos de cierta magnitud y desde el periodo Preclásico la zona tendía a una lenta desecación. Algunos autores han planteado la hipótesis de que la sequía se intensificó por la deforestación que se hizo a gran escala desde épocas tempranas, ya que el sistema

prehispánico para la obtención de la cal para la construcción implicaba la utilización de una gran cantidad de madera. (Lombardo, 1973)

A la llegada de los españoles, la traza original presentaba ya algunas modificaciones, que obedecían a los cambios generados en la sociedad tenochca. La alteración más importante correspondió a la transformación en una ciudad bipolar con la incorporación de Tlatelolco, que quedó integrado como una dualidad de poderes, aunque con un peso menor al de Tenochtitlan. Como segunda alteración, tenemos que las parcialidades de Teopan y Moyotlan, que se encontraban al sur y al suroeste, tuvieron un crecimiento más acentuado, ya que al tener condiciones geográficas más favorables, permitieron el crecimiento de las chinampas sobre el lago de agua dulce. La parcialidad de Aztacualco, por ser más salitrosa y sujeta a inundaciones, no logró desarrollarse.

En esta época había chinampas en todos los lagos de la cuenca de México, siendo ésta una unidad de terreno que era trabajada por una familia y que se constituyó como un sistema de agricultura intensiva sumamente eficiente, sin embargo, no hay que olvidar que según Ángel Palerm, la mayor parte de las chinampas de Tenochtitlan se construyeron con fines de expansión urbana, por requerimientos de superficie y la agricultura era un complemento al sustento familiar, ya que su producción era insuficiente. Cómo en el caso del agua para el consumo, las áreas de abastecimiento eran externas, lo constituían los tributos o las tierras de cultivo que se encontraban fuera de la ciudad (Palerm, 1966). En la zona de Chalco y Xochimilco se produjo un sistema de chinampas diferente, lo que Armillas (1971) denominó jardines en ciénagas, que consistieron en la construcción de parcelas cultivables sobre terreno pantanosos, amontonando tierra fértil y creando canales. En la época de secas este sistema se extendía prácticamente a toda el área lacustre. Al llegar las lluvias, el agua circulaba a través de los canales y cubría las áreas más profundas, éstas sí constituyeron unidades netamente productivas que permitieron la expansión de la población en el valle de México. Los canales o acequias que atravesaban la ciudad de este a oeste, constituían también el sistema de desagüe pluvial, tenían compuertas que permitían el desalojo de las aguas hacia el lago de Texcoco por las mañanas y por las tardes eran cerradas para impedir el avance de las aguas saladas sobre la ciudad. Las materias sépticas eran transformadas en composta y utilizadas en la agricultura, los orines se utilizaban como mordiente en la tintura de telas (López Rosado: 1976) y la basura se quemaba en grandes braseros que servían también para la iluminación nocturna.

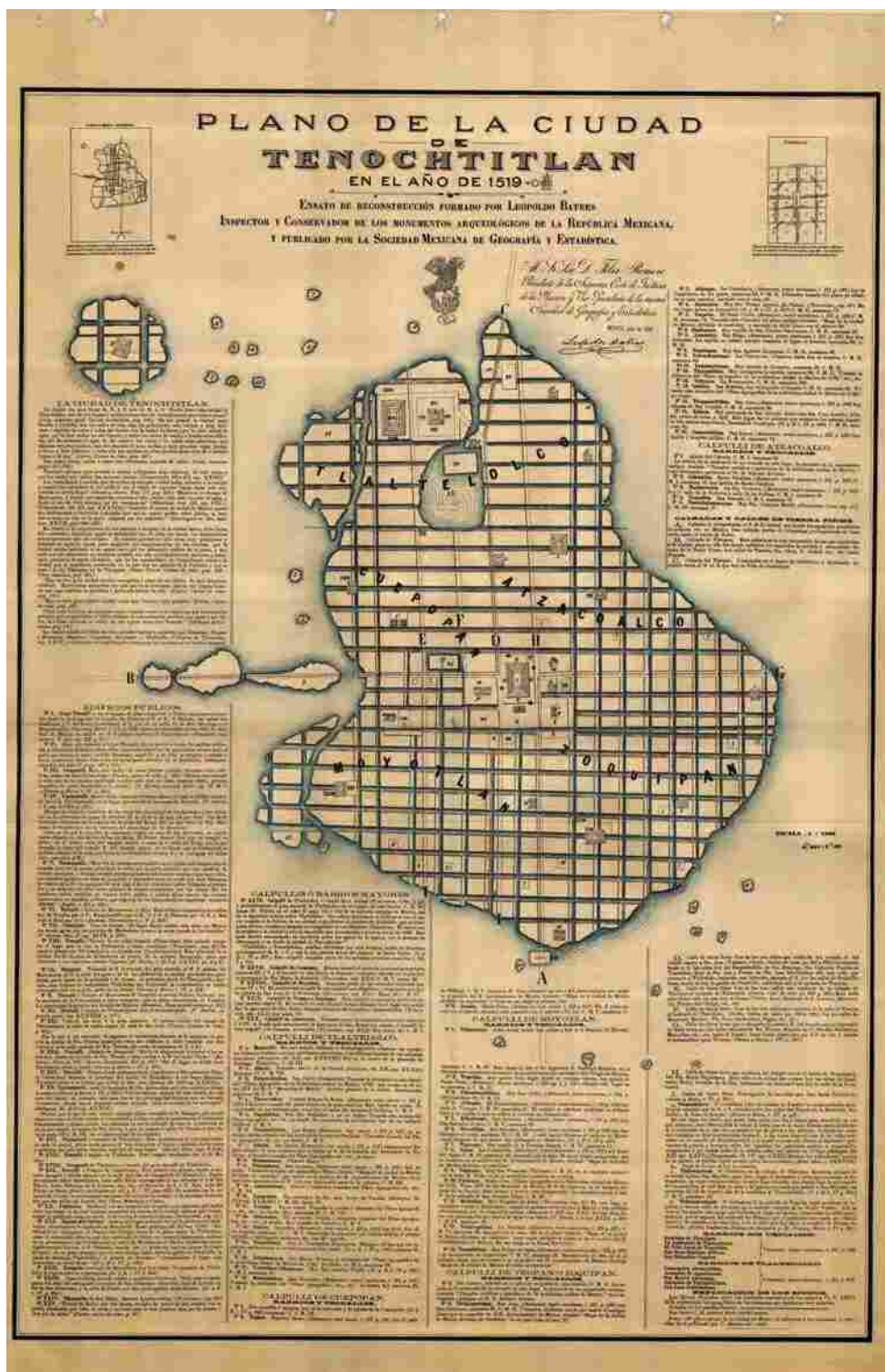


Figura 6. 1892. Batres, Leopoldo. Plano de la Ciudad de Tenochtitlan en el año de 1519. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Fuente: Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 871-OYB-725.

El dato más real sobre la población de Tenochtitlan a la llegada de los españoles surge del análisis realizado por Sonia Lombardo (1973: 122) sobre los datos históricos, de acuerdo a sus estimaciones, la ciudad debía contar con unos 15.332 Km² y tomando la estimación proporcionada por el libro del Conquistador Anónimo de unos 60 000 pobladores, arroja una densidad de 3,938 habitantes para la ciudad, considerándolo razonable por ser comparable al dato de 4,140 habitantes que proporciona Millon (1967) para Teotihuacán en la fase Xolalpan y que se considera una cifra alta para una ciudad preindustrial.

Otros estudiosos dan una estimación mucho más alta al considerar los 60,000 como vecinos (jefes de familia) y por lo tanto el cálculo daría unos 300,000 habitantes; siguiendo el razonamiento de Lombardo, al dividirlo entre la superficie estimada daría unos 19,566 habitantes por km², con lo cual la densidad de Tenochtitlan habría quintuplicado la densidad de Teotihuacán, lo cual parece inaceptable para una ciudad de construcciones de un solo piso, la otra opción para una densidad como ésta, es un hacinamiento terrible, que no aparece registrado en ninguna de las crónicas posteriores a la conquista. Es posible que otras estimaciones de población mayores que aparecen en algunas de las crónicas incluyan los poblados aledaños que se encontraban bajo dominio azteca.

Los asentamientos que se encontraban en la periferia de los lagos y con los cuales Tenochtitlan mantuvo una estrecha relación eran las siguientes: al oriente Texcoco, la segunda en importancia y que formó parte de la triple alianza que venció a los tepanecas. Esta ciudad, gracias a los servicios de consejo político y técnico que realizó Netzahualcoyotl (control de las inundaciones y construcción del acueducto de Chapultepec) y que continuó Nezahualpilli (control del agua proveniente de Churubusco), tuvo siempre una gran consideración de los aztecas, que guardaban además con ellos una estrecha relación comercial: el principal embarcadero de Tenochtitlan se situó al oriente, y de él partía un canal que era desazolvado frecuentemente para permitir el paso libre de canoas, ya que el lago de Texcoco era de fondo bajo y en época de secas se podían producir encallamientos de las embarcaciones.

Tacuba, al poniente, a solo 6 km de distancia, formó también parte de la Triple Alianza, pero no poseía la misma importancia que Texcoco ya que sus señores eran nombrados por los mexicas; al Oeste y Noroeste se encontraban también las poblaciones de Popotla, Azcapotzalco y Chimalhuacán; al Sur la ciudad más grande era Chalco, también en este lago se encontraban

las poblaciones de Ayotzingo, Tláhuac (era un islote), Culhuacán, Coyoacán, Mexicaltzingo y Huitzilopochco (Churubusco).

Las comunicaciones entre las distintas poblaciones se realizaban fácilmente a través del lago, existían también los caminos a tierra firme que cumplían la doble función de calzadas-diques y permitían un control más o menos eficiente de las aguas del lago: la calzada a Xochimilco, a Tacuba (por donde venía el acueducto que introducía el agua de Chapultepec), a Azcapotzalco, a Tenayuca y a Tepeyac. Los productos eran transportados por cargadores, de ahí la importancia del mantenimiento y desazolve de los canales para mantener fluidas las comunicaciones por agua.

La descripción que ofrece Cortés en las cartas de relación sobre el acueducto y la imagen que se presenta en el plano atribuido a Hernán Cortés, marcan el trayecto del acueducto por tierra firme hasta dar vuelta hacia el oriente por la calzada de Tlacopam, llegando hasta la entrada del recinto sagrado; consistía en dos caños de “.. dos pasos cada uno y tan altos como un estado, y por uno de ellos viene un golpe de agua dulce muy buena, del gordor del cuerpo de un hombre, que va a dar al cuerpo de la ciudad, de que sirven y beben todos. El otro que va vacío es para cuando quieren limpiar el otro caño, porque echan por ahí el agua en tanto que se limpia...” (Cortés Hernán, 2004: 52-54); cruzando a través de puentes de caños de madera los espacios o cortadas que dejaban para el paso de las aguas hacia la laguna de agua salada, en estos pasos, se llenaban las canoas que distribuían el agua en la ciudad.

Pineda Mendoza menciona que es esta la traza más probable del acueducto y expresa su desacuerdo con el Dr. Ángel Palerm que ubica el acueducto sobre la actual calzada de Chapultepec, al no hallar referencias contundentes en las descripciones históricas, apunta que es posible que existiese esta calzada y que se encontrase bajo el agua, después de la gran inundación del periodo de Ahuizot, ya que no se menciona su existencia en ninguna de las crónicas (Pineda Mendoza: 2000).

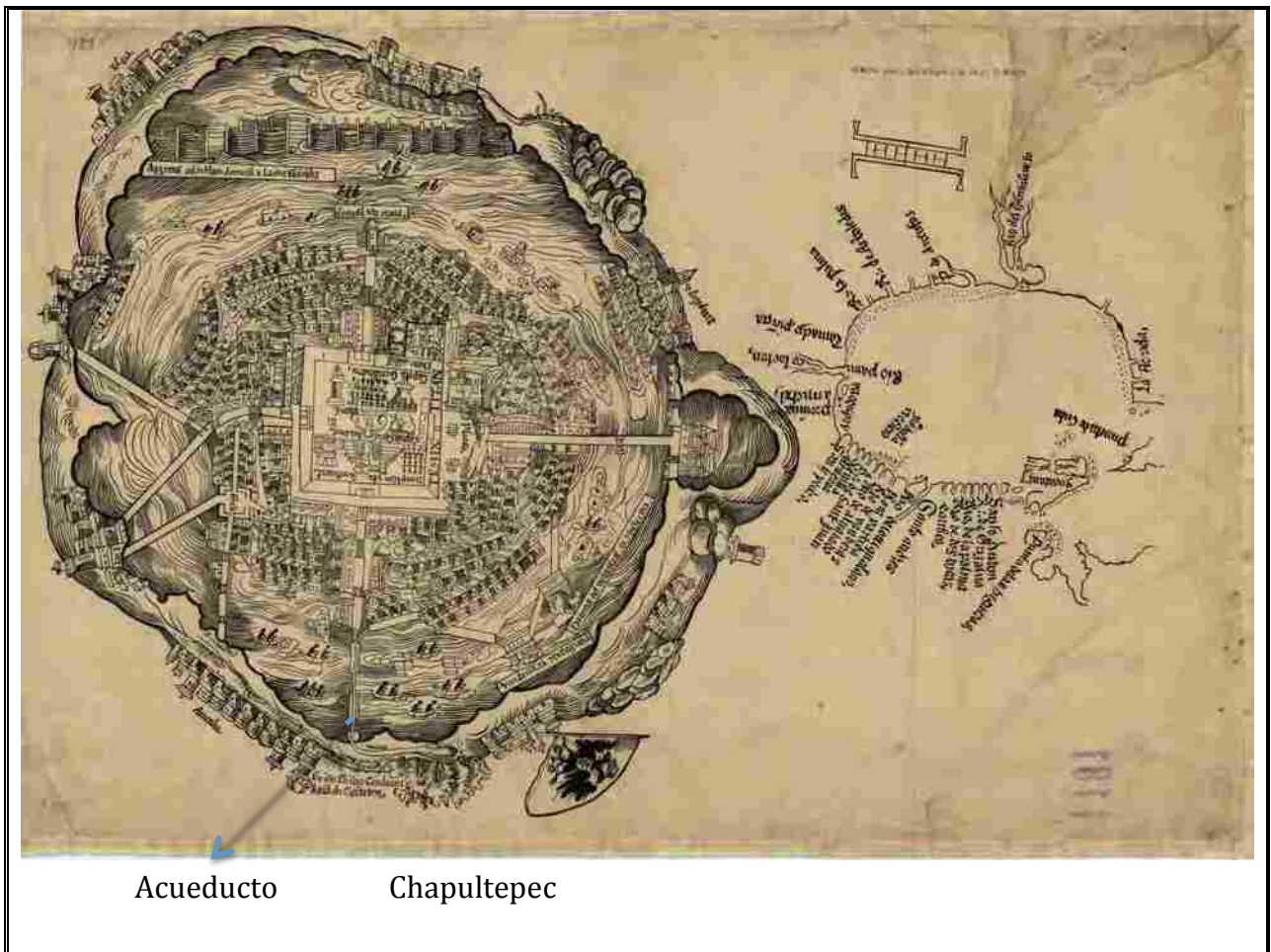
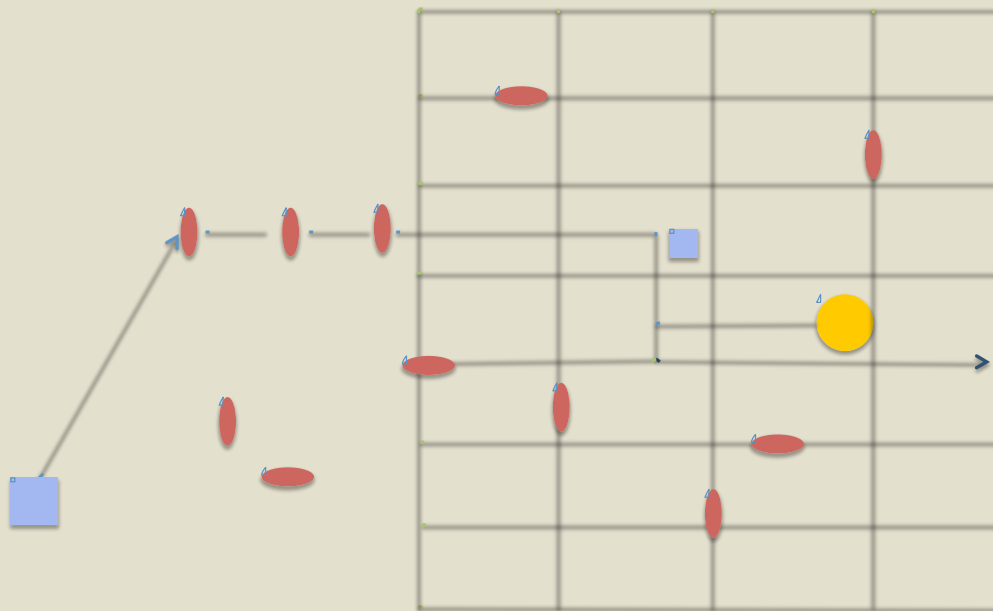


Figura 7. Plano de la Ciudad de México atribuido a Hernán Cortés. Mapoteca Orozco y Berra. Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 1181-OYB-7252-A

El sistema de distribución de aguas en el período prehispánico es un sistema por gravedad, lineal de flujo continuo con cortadas que permitían una distribución secundaria a través de canoas y recipientes a las viviendas y un caño general con ramal principal de distribución hacia el centro de México-Tenochtitlan. El sistema de flujo continuo hacía que el agua finalmente terminara corriendo por los canales hacia el lago de Texcoco. Es por esto que fue tan peligroso el impacto de las aguas de Churubusco sobre el crecimiento del nivel de los lagos hasta cubrir la ciudad.

Sistema de Distribución Lineal Acueducto Prehispánico



- Manantial de Chapultepec
- Manantial de Tenochtitlan
- ↗ Acueducto por canal sobre la calzada
- Distribución individual (canoas)
- Acequias
- Desalojo del agua hacia el Lago de Texcoco
- Fuente privada

Figura 8. Acueducto Prehispánico. Sistema de distribución lineal. Elaboración propia

Tabla 1. Acueducto Prehispánico. Sistema de Distribución Lineal

Sistema de distribución por gravedad

Sistema superficial de transporte de agua por pendientes en acueducto

Canales de mampostería con cortadas de madera

Los canales se encuentran a ras de tierra

El sistema distribuye el agua a través de canoas a la mayoría de las viviendas urbanas

Sistemas de fuentes particulares para los actores relevantes (nobleza).

El agua corre permanentemente por el acueducto y se incorpora al sistema de desagüe hidráulico natural

Fuerte “desperdicio” del recurso.

Fuente: Elaboración propia

Es a partir del año de 1532, que se encuentran referencias a la construcción o reconstrucción de la calzada de Chapultepec y es hasta 1575 que el Ayuntamiento de la ciudad otorga licencia a una comisión de indios, para la construcción de un caño que llevará agua de Chapultepec al tianguis de San Juan y al barrio de San Pablo (Pineda Mendoza: 2000).

Durante la conquista de México el acueducto fue destruido parcialmente, tanto en la huida de Cortés y sus tropas en la Noche Triste, como posteriormente, en mayo de 1521, esta vez de manera deliberada como parte de las maniobras del sitio de Tenochtitlan. Al consumarse la conquista en agosto de 1521, Cortés mandó inmediatamente reparar el acueducto a los vencidos para llevar agua a la ciudad, fue reparado con tecnología prehispánica. Fuentes documentales indican que el acueducto funcionó con las mismas características entre 1527 y 1554 (Pineda Mendoza, 2000).

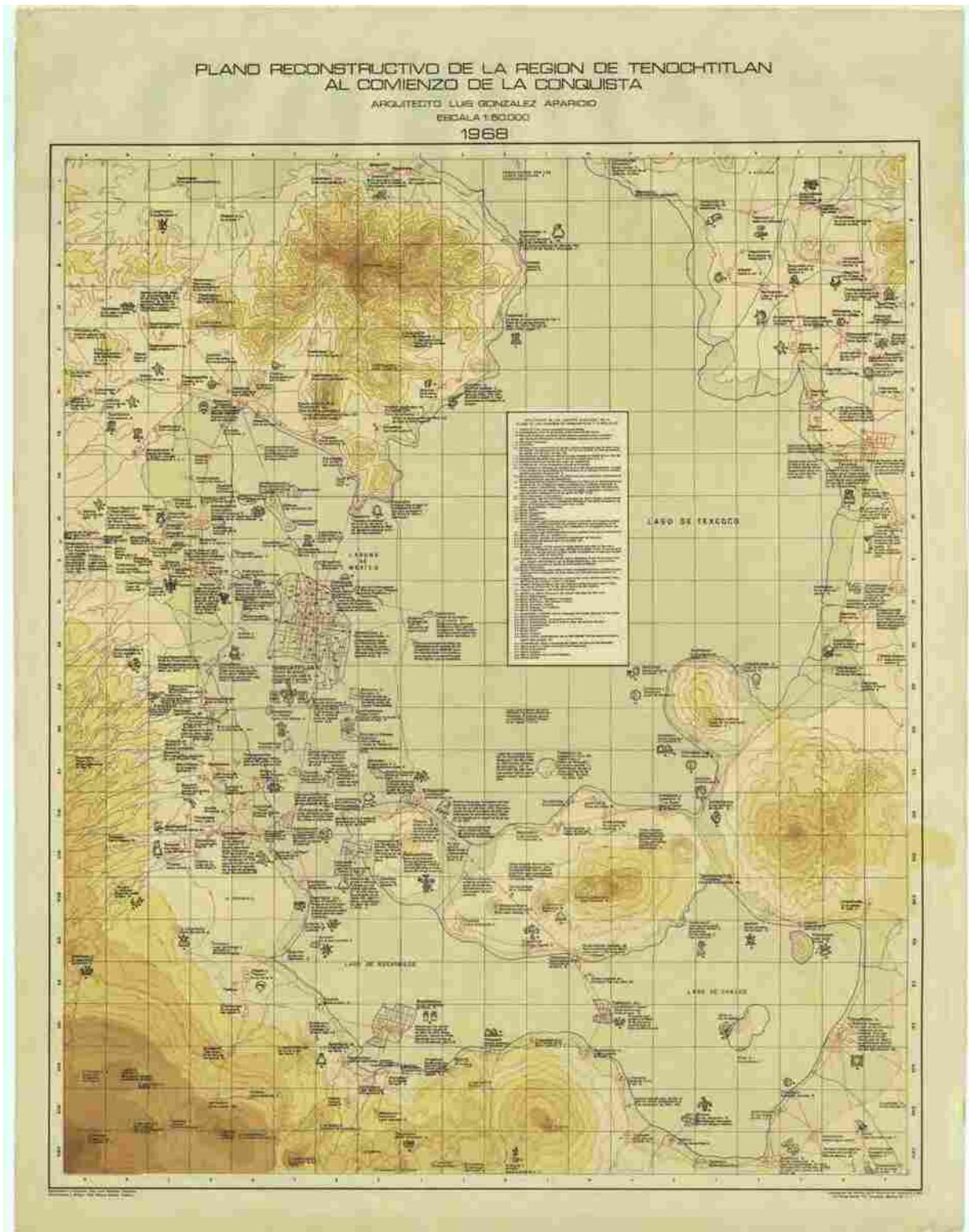


Figura 9. Plano Reconstructivo de la Región de Tenochtitlan al comienzo de la Conquista.. Arq. Luis González Aparicio, 1968. Mapoteca Orozco y Berra. Colección General, Distrito Federal, 1308-CGE-724-B

1.2.2. El sistema de agua en el período virreinal

La ciudad virreinal se constituyó como un rectángulo que aprovechó la disposición regular de las calzadas prehispánicas, utilizando un sistema de retícula para la división equitativa de los solares a partir de los tres grandes ejes que conformaban la traza prehispánica: la calzada de Tlacopam, que continuaba hacia el oriente hasta el albarradón; la calzada de Iztapalapa, con la subdivisión hacia Coyoacán e Iztapalapa, y la calzada del Tepeyac.

La primera gran transformación que trae la conquista sobre la ciudad es el cambio sobre los modos de transporte, el inicio del transporte de carga por medio de animales y la introducción de carros, incidirá en una pérdida de importancia paulatina de los sistemas acuáticos de transporte. También en el mantenimiento de los caminos, diques y acueductos, ya que este tipo de transporte tiene un efecto de desgaste mayor sobre los caminos, además no hay que olvidar que los acueductos corrían en canales al nivel de piso de las calzadas y estaban cubiertos sólo parcialmente.

En el caso de los diques el efecto también es negativo, por la cantidad de puentes de madera que había que cruzar, estos diques requerían -como los canales-, un mantenimiento constante, además de un cuidadoso manejo para permitir los flujos del agua hacia la laguna e impedir las crecidas del lago salado sobre la ciudad. A pesar de esto, durante todo el siglo XVI, se reconstruyeron los acueductos, se mantuvieron los sistemas de distribución de agua por medio de canoas¹⁴, se restablecieron los diques para el control de las inundaciones (con el uso de tecnología indígena) y se mantuvieron las comunicaciones por la vía acuática como las más importantes para el intercambio con los pueblos de las riberas de los lagos.

Los manantiales de Chapultepec estaban situados en la falda oriental del cerro, y quedan ahí todavía los restos de las llamadas albercas, que recogían el agua del manantial para su posterior distribución. Se conocen tres albercas: la Alberca Grande o de los Llorones, la Alberca de los Nadadores y la Alberca Chica o de Moctezuma. Estas albercas eran cajas de

¹⁴ “ ... ¿Pero cómo es que caminan sobre el agua unas canoas llenas también de agua? Enigma es digo de Edipo. - Zamora.

-Davo- le adivinará, que no es necesario Edipo. El agua en que navegan las canoas no es potable: la que ellos llevan sale de la fuente, y por una gran canal de madera, como pronto vas á verlo, cae de lo alto, con gran estruendo sobre las canoas que se ponen debajo.” (Cervantes de Salazar. México en 1554 (49-50): 127. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080013288/1080013288.PDF>

mampostería que recogían el agua, la de Moctezuma estaba situada en la parte más alta, debido a la disminución en el flujo de agua del manantial, se construyeron una serie de rellenos en el interior, para mantener la presión de distribución del agua.

Los restos de estas modificaciones se descubrieron con las excavaciones realizadas en 1974, donde los arqueólogos manifestaron que encontraron seis adaptaciones, construidas una dentro de otra, y se encontraron las lápidas que conmemoraban estos trabajos y corresponden a 1548,1571,1714 y 1870. Las últimas modificaciones, corresponden al momento en que los manantiales se secaron y fue necesario colocar bombas eléctricas para abastecer de agua al Castillo de Chapultepec. (Pineda Mendoza: 2000).

El manantial de Chapultepec proporcionó a la Ciudad de México agua por cuatrocientos años, durante los primeros años del virreinato, como he referido antes, el agua se siguió distribuyendo conforme al modelo prehispánico, a través de canoas. En pocos años se empezaron a otorgar licencias para la construcción de caños de distribución que perforaban el caño principal; el primer ramal se concedió al convento de San Francisco, con una cañería construida probablemente a flor de tierra y que partía de la alcantarilla o caja de agua distribuidora sobre la calle de Tacuba, llegaba a San Francisco a través de la calle de Santa Isabel (hoy Eje Central) y doblaba en San Francisco (hoy Madero) hasta la plaza pública, donde terminaba en un pilar recolector.

El segundo ramal partía de la alcantarilla de distribución y seguía por Tacuba hasta la calle del Empedradillo (hoy Monte de Piedad) la recorría y doblaba para dirigirse al Palacio Real, este ramal dio servicio a los vecinos de la calle de Tacuba, al Palacio Real, al Convento de Santo Domingo y a la Plaza Mayor. Un tercer ramal partía de la Alberca Chica, seguía hacia el norte y luego doblaba hacia el oriente, alimentando a los conventos de La Concepción, San Lorenzo y Santo Domingo.

A pesar de la existencia de este acueducto, la escasez de agua se transformó en un problema crónico de la ciudad, es por eso que el virrey Luis de Velasco y el Ayuntamiento decidieron iniciar negociaciones que dieron lugar a la adquisición de los manantiales y el bosque del pueblo de Santa Fe en 1563, que pertenecían al Obispado de Michoacán. En un primer momento sin embargo, el Concejo Municipal abandonó el proyecto de traer el agua de Santa Fe

porque esto perjudicaría a los molinos de trigo y a los vecinos que poseían huertas en la zona de Tacubaya¹⁵.

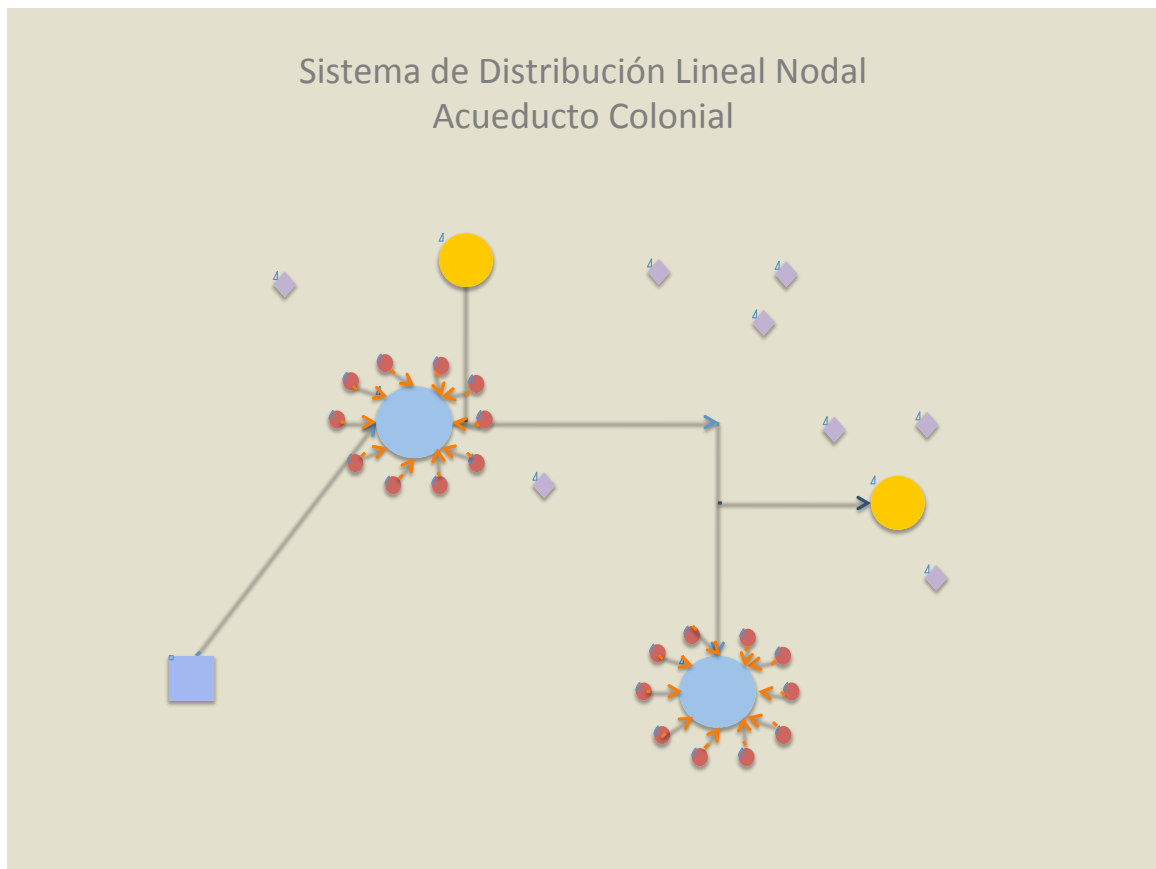
En 1564, teniendo noticias del conducto que se había cegado en el periodo de Ahuizotl, se iniciaron las obras del acueducto que traería agua desde los manantiales de Churubusco, se estudiaron los manantiales y se inició la construcción del acueducto, sin embargo, la naturaleza perene de las aguas despertaba algunas dudas sobre la viabilidad del manantial para proporcionar agua a la ciudad de México durante un largo periodo. En su construcción participaron en un principio como oficiales Francisco Gaudiel, Miguel Martínez, Diego Zamora y Claudio de Arciniega, sumándose posteriormente fray Francisco de Tembleque que se encontraba realizando el acueducto de Zempoala. Propusieron un acueducto por atarjea descubierta para que la luz y el aire mejoraran las aguas y que en caso de que el Ayuntamiento se decidiera a hacerlo por caño se recomendaba que éste quedara en una zanja con los caños bien asentados (Pineda Mendoza: 2000).

Sin embargo las opiniones siguieron siendo encontradas hasta que en 1570 a la llegada del virrey Martín Enríquez de Almanza, se determinó una nueva comisión que asegurará la perpetuidad de las aguas de Churubusco, con la participación de tres oficiales indígenas. A partir de los datos obtenidos, el virrey ordenó retomar el proyecto de Santa Fe y suspender las obras del de Churubusco.

En 1571 se inició la edificación de un acueducto sobre arquería cuya construcción se prolongó medio siglo, finalizándose en 1620. El agua de Chapultepec se asignó entonces al sur de la ciudad (denominándose agua gorda) y el agua de Santa Fe a la zona centro y norte (que recibió el nombre de agua delgada). La construcción de este acueducto se terminó de pagar a los descendientes en 1861, dos años antes de que se iniciara su demolición.

A continuación se presenta un esquema con su respectivo cuadro con las principales características del sistema de distribución de aguas durante los primeros siglos del período colonial.

¹⁵ Pineda Mendoza cita las actas del Cabildo del 29 de agosto de 1542, p. 84










-  Manantial de Chapultepec
-  Acueducto por canales y arquería
-  Fuente pública
-  Acarreo individual (aguadores o habitantes)
-  Pozos independientes al sistema
-  Caño privado a conventos y viviendas de la nobleza
-  Fuente privada

Figura 10. Sistema de distribución lineal del primer acueducto virreinal. Elaboración propia

Tabla 2. Primer Acueducto Virreinal. Sistema de Distribución Lineal Nodal

- Sistema de distribución por gravedad
- Localización de cajas o albercas en manantial para generar acumulación y presión del agua
- Sistema superficial de transporte de agua por pendientes en acueductos (construcciones de mampostería, barro y plomo)
- Canales
- Arcos
- El sistema termina en Nodos de Fuente Pública de dotación de agua para la mayoría de las viviendas urbanas (requiere transporte al interior de los edificios: aguadores, cubetas).
- Requiere depósitos individuales en las viviendas y edificios que funcionan también para la recolección de lluvia.(Aljibes)
- Sistemas de fuentes particulares para los actores relevantes (administración, clero y nobleza).
- El agua corre permanentemente por el acueducto y las fuentes para incorporarse posteriormente al sistema de desagüe hidráulico natural
- Fuerte desperdicio del recurso. Disminución del caudal por robo.
- Abastecimiento directo de los canales o acequias de una parte de la población.

Fuente: elaboración propia

El acueducto de Chapultepec, cuyos restos pueden apreciarse todavía sobre la avenida, se inició como ya se mencionó, gracias a los esfuerzos de una comisión de indios, quienes construyeron y costearon¹⁶ el primer caño, realizado en forma de atarjea sobre la calzada de San Juan (hoy Av. Chapultepec y Arcos de Belén), para dar servicio a los barrios de San Juan y San Pablo. Es posible que las obras hayan recibido la asesoría de Claudio de Arciniega, por ese entonces (1575-1577) alarife de la ciudad de México, de Cristóbal Carvallo (1578-1580) y

de Juan Francisco de Hojeda (1580-1583). La construcción del acueducto duró nueve años. (Pineda Mendoza: 2000). El acueducto llegó al Barrio de San Juan en 1582, ahí se construyó una caja distribuidora para seguir rumbo al barrio de San Pablo.

En los años siguientes, el acueducto necesitó una serie de reparaciones hasta que en 1755 se emprendió la sustitución de la atarjea, construyendo la arquería que se conoció como Arcos de Belén, terminada en 1779. Esta arquería fue realizada por el regidor Joseph Ángel de Cuevas y Aguirre, nombrado por el Conde de Revillagigedo comisario de la reedificación de las arquerías de la ciudad, quién, contraviniendo la disposición oficial del virrey del 17 de marzo de 1755, que determinaba que solamente debería repararse la atarjea, mandó reconstruirla sobre arcos de medio punto, quintuplicando los costos del presupuesto inicial. La arquería y la reconstrucción de la fuente de Salto del Agua fueron terminadas en 1779. El acueducto fue realizado con piedra de tezontle y argamasa, corriendo el agua por un canal encalado y cubierto con una bóveda y lumbreras en ciertos tramos.

Los acueductos virreinales se construyeron primero en forma de atarjeas: canales de piedra y argamasa que se encontraban a nivel del suelo, con las pendientes requeridas para permitir el flujo del agua hacia las fuentes y caños secundarios. En el trayecto había tramos realizados con caños de madera que permitían cubrir las diferencias de nivel del terreno conservando las pendientes. Se encontraban cubiertos en algunos tramos, para preservar el canal del paso de vehículos y animales y evitar la contaminación de las aguas. Al iniciar la incorporación de los manantiales de Santa Fe el sistema de construcción se constituyó por arcos de medio punto de piedra, cal y arena, con un ducto en la parte superior, que desembocaba primero en las llamadas albercas de Chapultepec y continuando su trayecto sobre arcos daban servicio a las fuentes que permitieron a los vecinos surtirse de agua en diversos barrios de la capital. Dentro de la ciudad, el agua se distribuyó por cañerías de plomo y barro a los conventos y viviendas más importantes.

Quedó así constituido el sistema mayor de distribución de agua, que constaba de los siguientes elementos: la Alberca Chica o de Moctezuma de la cual salían tres ramales principales: el del bosque, con una longitud de mil ciento diez y seis varas; el de la Merced, que medía mil novecientas cincuenta y dos y por último el de San Pablo, con mil cuatrocientas varas,

¹⁶ “Costearon la mano de obra, la piedra y la mitad del salario del alarife, el resto la cal y la mitad del salario faltante, sería puesto por la ciudad” . Pineda Mendoza, p.43

abasteciendo ciento veinticinco fuentes privadas y cinco públicas: la del bosque, la de la garita de Belén, la del Cautivo, la de la plazuela de San Juan y la del Salto del Agua¹⁷.

En el siglo XVIII, la ciudad había adquirido una forma más definida en sus bordes urbanos, con un crecimiento equilibrado y se encontraba dividida en catorce parroquias de la administración religiosa. En el plano de Arrieta de 1737 (figura 11), puede advertirse el orden de la traza en la zona más consolidada (quizá también producto del deseo de representación de una ciudad regular) y en los márgenes, sobre todo al oriente y al sur, la irregularidad de la traza producto de las acequias y canales que se introducían en la ciudad. (ver figuras 11 y 12)

En el margen Sur es claramente perceptible la transformación del área urbanizada en lotes rurales, lo que no se advierte en las áreas del oriente todavía sujetas a graves inundaciones. Se observa también la Alameda y los dos Acueductos que traían el agua de Chapultepec, al norte de la Alameda y unas cuadras al Sur, en la actual Avenida de Chapultepec.

¹⁷ Bribiesca Castrejón, *Ingeniería Hidráulica en México*, México 1959, pp.84-85. Citado por Pineda Mendoza, op. cit., p. 48



Figura 11. Forma y Levantamiento de la Ciudad de México. (1628). Juan Gómez de Transmonte. (Lombardo, 1996: 309)



Figura 12. Plano de la Ciudad de México, 1737, Pedro de Arrieta. (Lombardo, 1996: 315)

La ciudad continuará surtiéndose de estos acueductos hasta el siglo XX, sin embargo hay que resaltar que subsistieron siempre áreas servidas por pozos y que los acueductos y las fuentes requirieron mantenimiento constante a lo largo de su existencia. El agua de Chapultepec fue considerada como un agua excelente hasta la construcción del acueducto de Santa Fe, en ese momento pasó a ser el agua de estos manantiales la mejor hasta el siglo XIX, cuando se determinó que sobre todo durante el periodo de lluvias, era tal la cantidad de materia orgánica que arrastraba este acueducto, que resultaba el origen de muchas enfermedades. Había también muchos problemas por el robo de mercedes de agua a lo largo del trayecto, tanto que en el siglo XVII se prohibió a los habitantes de la calzada de Tacuba que utilizaran el agua del acueducto durante el día.

Los acueductos sufrieron daños por el abandono en que se dejaron algunos tramos, por el asentamiento de los arcos y el taponamiento por arrastre de tierras, por la colocación ilegal de caños y por las inundaciones, que afectaron sus cimientos y bases. El mantenimiento constante de los acueductos para que el agua corriera hasta el centro de México, así como el de las acequias, fueron objeto de numerosos reclamos, por la escasez de agua que se provocaba en algunas zonas y en el caso de las acequias, porque era fundamental que se encontraran libres de obstáculos para lograr desalojar tanto el agua de lluvia como la que corría de los acueductos a las acequias.

Según el Extracto de los Autos de Diligencias y Reconocimiento de los ríos, lagunas y vertientes de la Capital de México y su Valle, realizado en 1748:

... el mayor enemigo, que esta Ciudad tenia para las inundaciones eran las aguas del Norte y por ello se estableció el Real Defague de Gueguetoca... y como quiera que cortado por este medio el principal Enemigo, quedaban otros aunque no de esta fortaleza; pero si suficientes à inundar esta ciudad, si no se cuidaffe de sus corrientes libres, u defembarazadas; como de tener los vafos, ò receptaculos para recibir estas aguas en el tiempo de ellas sin impedimento alguno; y lo mismo las Acequias de esta Ciudad; cuyas aguas deben correr à la Laguna, sin el menor óbice, y estar cada una de ellas limpias, no solo limpias, sino con la corriente que cada una neceffita, para que se defague por ellas el agua... (Extracto: 1748: 3-4).

definiendo lo que siempre fue el problema de saneamiento mayor de la ciudad de México: las inundaciones causadas por el río de Cuautitlán, en los periodos de fuertes lluvias, que

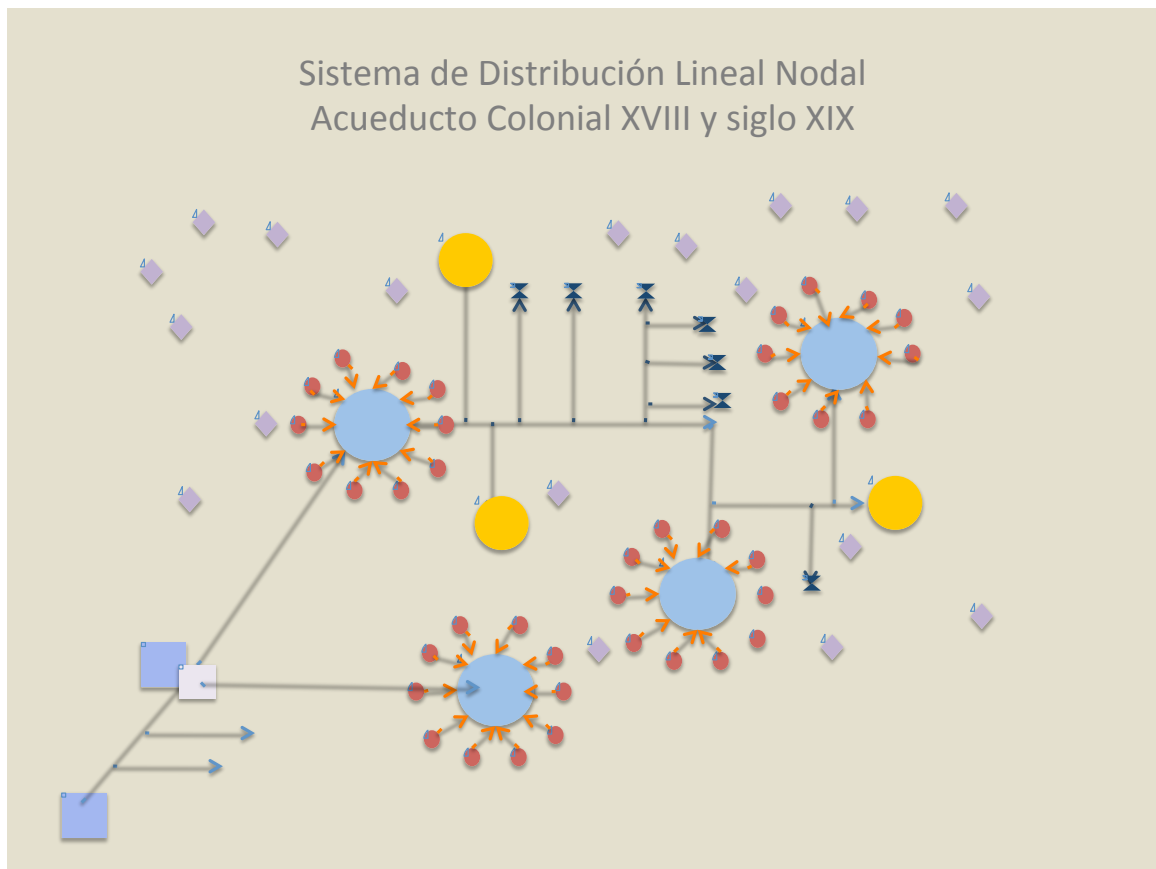
produjeron muchas veces la subida de las aguas del Lago de Texcoco y las graves complicaciones generadas por la obstrucción de las acequias.

Simultáneamente a la reorganización parroquial, realizada por el arzobispo Francisco Antonio Lorenzana, el segundo Conde de Revillagigedo emprende la regularización urbana que da lugar al primer plano regulador de la ciudad, levantado por Ignacio Castera en 1794, que buscaba recuperar el ordenamiento original de la traza, permitiendo la incorporación de servicios como la recolección de basura, limpieza y construcción de canales y atarjeas, reparación de acueductos, colocación de caños y llaves y otros servicios (Valencia: 1965).

Hacia fines del siglo XVIII, la idea de circulación empezó a dominar las cuestiones de salud, los modernizadores se apoyaron en estas teorías para señalar los estancamientos de agua y aire como elementos fundamentales para la expansión de enfermedades a través de los miasmas que desprendían. (Dávalos, Marcela: 1994), no será hasta entrado el siglo XX, cuando la construcción de un nuevo acueducto de respuesta a esta cuestión con la edificación de un sistema de distribución de agua a presión que no requerirá de cisternas para el almacenamiento del agua potable.

Existieron otros acueductos que dotaron de agua a algunas zonas de la ciudad, como el acueducto que venía de Tlalnepantla a la Villa de Guadalupe y el de los manantiales de Azcapotzalco. El acueducto de Guadalupe conducía las aguas del río Unido o de Guadalupe de Tlalnepantla (Santa María) a la Villa de Guadalupe Hidalgo y de ahí se llevaban a la ciudad de México, se sabe que se encontraba en funcionamiento en 1743.

La distribución de agua del período virreinal inició como un sistema lineal de flujo continuo con ramales secundarios que proveían agua a las viviendas principales generando fuentes privadas y un sistema de fuentes públicas para el resto de los pobladores que se servían del sistema de aguadores para recibirla en sus casas. Existían también pozos de los cuales se servía una parte de la población. Los caños eran de plomo o de barro cocido. Más tarde se incorporaron tubos de hierro y llaves de paso que permitieron detener el flujo continuo de agua. El siguiente esquema y su cuadro correspondiente presenta algunos de los elementos más importantes que conformaron el sistema.



- Manantiales de Santa Fe y Desierto
- Manantial de Chapultepec
- Incorporación del acueducto sobre Av. Chapultepec
- Acueducto por canales y arquería
- Fuente pública
- Acarreo individual (aguadores o habitantes)
- Pozos independientes al sistema
- Caño privado a conventos y viviendas
- Llave (Sistema de cerrado)
- Fuente privada

Figura 13. Acueducto Virreinal. Sistema de Distribución Lineal con ramales y fuentes públicas, servicio a particulares. Elaboración propia.

Tabla 3. Acueducto Virreinal. Sistema de Distribución Lineal con ramales y fuentes públicas, servicio a particulares

- Sistema de distribución por gravedad
- Localización de cajas o albercas en manantial para generar acumular el agua y aumentar la presión
- Sistema subterráneo de transporte de agua a través de tuberías, utilización de pendientes en acueductos (construcciones de mampostería y tuberías de hierro, plomo y barro)
- Se separa el sistema de Fuente Pública para la recreación, del de dotación de agua para una parte muy importante de las viviendas urbanas (dotación a edificios principales, aguadores, cubos).
- Sistemas de llaves públicas que permiten mantener cerrado el suministro.
- Existe también sistema de llaves privadas para la dotación de viviendas
- Requiere depósitos individuales en las viviendas y edificios que funcionan también para la recolección de lluvia, uso de aljibes.
- Sistemas de distribución a viviendas y edificios privados para los actores relevantes (administración, clero y aristocracia)
- Pozos individuales en algunos edificios.
- Cisternas o aljibes
- Fuerte desperdicio del recurso por fugas
- Disminución del caudal por robo.
- Secamiento de manantiales por sobre-explotación y falta de mantenimiento en bosques.
- Depósitos individuales en altura para la distribución al interior de los edificios.
- A partir del siglo XIX utilización de pequeñas bombas hidráulicas para subir el agua a los depósitos.
- Abastecimiento directo de los canales y acequias en la zona oriente de la ciudad.
- Problemas graves de enfermedades gastrointestinales
-

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3. El sistema de agua en el siglo XIX

En el siglo XIX debido a los desequilibrios económicos provocados por la guerra de Independencia y las diversas guerras civiles, hay un momento de inactividad en el desarrollo urbano de la capital, que va desde la Independencia hasta la restauración de la República, que culmina con la consolidación del liberalismo mexicano. Durante este periodo se siguen ampliando y reparando las redes de agua potable, se realizan análisis de manantiales relativamente cercanos a la ciudad y se desarrollan estudios geográficos y geológicos precisos del Valle de México.

El punto de partida de la transformación de la ciudad en el siglo XIX lo constituyeron las Leyes de Reforma, promulgadas en 1857 pero que se hicieron efectivas en 1861. Si bien analizando comparativamente los planos, puede observarse la destrucción que dichas leyes produjeron sobre iglesias y conventos, el marco espacial continuó siendo esencialmente el mismo. En este aspecto, vale la pena recalcar lo que Valencia llama el verdadero motor de los cambios urbanos: “El liberalismo introdujo en el cerrado sistema económico virreinal los principios de la libre competencia en el mercado y de la libre enajenación de la propiedad y erigió en norma de gobierno una vieja aspiración representada por la “religión del progreso”...” (Valencia, 1965: 68-69), esta corriente liberal preparará el abandono del marco urbano colonial hacia nuevas áreas que darán respuesta a las aspiraciones de la burguesía y alta burguesía de la ciudad.

Desde el punto de vista de los recursos hidráulicos, en la segunda mitad del siglo XIX, el liberalismo promulgó varias leyes federales que afectaron la relación entre las autoridades locales y el Estado. La ley de Desamortización de los Bienes Comunales de las Corporaciones Civiles de 1856, que buscaba el desarrollo de la propiedad privada y modificar la propiedad de manos muertas, afectando a los poseedores originales (en muchos casos los Ayuntamientos actuaron dentro de un denominado “neo-corporativismo”, enfrentado al proceso de desamortización. Esta ley facilitaba también la injerencia de las autoridades estatales y federales en la propiedad y manejo de los pueblos. Muchos de ellos lograron conservar la propiedad de sus tierras basándose en los derechos concedidos por la constitución de Cádiz, sin embargo la mayor parte perdió una parte de sus bienes. En 1888, el gobierno federal expidió una ley que inició el control federal sobre los recursos hidráulicos¹⁸ y por lo tanto sobre

¹⁸ “El 5 de junio de 1888 fue aprobada la primera ley federal que establecía como vías generales de comunicación los lagos y ríos interiores si tenían el carácter de navegables, aun cuando en el territorio

sus usos. En 1894, se expidió en 6 de junio otra ley que amplía y reglamenta la anterior en lo que se refiere al otorgamiento de concesiones y fuerza motriz.

A partir de 1854 se publican los primeros estudios de la calidad del agua en el Valle de México, realizados con técnicas modernas, que permiten saber el tipo de agua que surtía a la capital.

nacional eran pocos los ríos con esas características. Además consideraba que los lagos y ríos, de cualquier clase y en toda su extensión, que sirvieran como límites de la república o de dos o más estados quedaban bajo la vigilancia y policía del ejecutivo federal. Este ordenamiento legal fue objeto de grandes críticas por lo ambiguo de su texto, ya que establecía la jurisdicción mas no la propiedad federal de las aguas” en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (Editores), 2010, *El agua en México: cauces y encauces*, México, CONAGUA-AMC, p. 25

TABLA ANALITICA

DE LAS AGUAS MAS USADAS EN LA CIUDAD DE MEXICO.

	Deigada ó del Deltarte.	Florida ó de Chapultepec	Pozo de los Miguéles.	Pozo de Bucarelli.	Pozo de la cañal de Cordobanes	Peñon de los Baños.	Pozo de Guadalupe.	
Temperatura en las ver- tientes.....	+9° C.	+22°,5	+21°,5	+21°,5	+21°	+44°,5	+21°,5	
Densidad.....	1,000267	1,000280	1,000144	1,000230	1,000144	1,00165	1,00134	
PRODUCTOS CASEOSOS.								
Aire.....	10,151	10,390	15,650	} 13,15	Indetermina- das	8,2	8,73	
Oxígeno.....	2,800	1,760	0,000					
Acido carbonico.....	0,750	0,990	7,240	1,18		63,3	234,90	
Azoto.....	-	-	-	-	-	28,8	8,00	
Vapor de agua.....	-	-	-	-	-	1,7	-	
Total c.c. por litro.....	13,710	13,140	22,950	14,13		100, (1)	251,63	
PRODUCTOS SÓLIDOS.								
Sulfato de cal.....	0,00326	0,00632	-	-	-	0,029	Sustancias solubles. indicios	Sustancias insolubles. -
Carbonato de cal.....	0,02171	0,02712	0,00241	0,01130	0,01482	0,056	0,00457	0,29751
" de magnesia..	0,01169	0,02215	-	-	-	0,256	-	0,02085
" de sosa.....	-	0,03901	0,03662	0,06349	0,07109	0,341	0,19275	0,06035
" de potasa.....	-	-	0,03089	-	-	-	-	-
Cloruro de potasio.....	0,00396	-	-	0,00086	0,00668	-	0,10790	-
" de sodio.....	-	0,05845	-	-	-	0,480	-	0,01000
" de magnesio.....	0,00349	-	0,00535	0,000211	0,00840	-	0,02825	-
Silicato de sosa.....	0,03985	0,02997	-	0,08375	0,04271	-	0,06771	0,01321
" de potasa.....	-	-	-	0,01040	0,01071	0,147	0,03230	0,00372
Azotato de potasa.....	-	0,02158	-	-	-	-	-	-
Ioduro de potasio.....	-	-	-	-	-	indicios	indicios	-
Acocrenato de sosa.....	-	-	-	-	-	-	0,07468	-
Siliza.....	0,05169	0,07745	0,06282	0,04515	0,04082	-	-	0,13809
Alumina.....	-	-	-	-	-	0,016	0,06541	0,00364
Alumina y fierro.....	0,00849	0,00686	0,00162	0,00276	0,00150	-	-	-
Fierro.....	-	-	-	-	-	indicios	-	0,00102
Manganesa.....	-	-	-	-	-	indicios	-	indicios
Materia organica.....	0,00087	indicios	indicios	indicios	0,00206	-	0,02907	0,15978
" betuminosa.....	-	-	-	-	-	-	-	0,01800
Perdida.....	-	0,00093	0,00180	-	comprendida en la materia organica.	-	comprendida en la materia organica.	comprendida en la materia organica.
Total en gramos por litro.....	0,14501	0,29004	0,14751	0,23282	0,19879	1,3250	0,60264	0,72618
Id. de sustancias fijas solubles e insolubles en el agua del Pozito.....								1,32882

(1) Los gases del agua del Peñon, están apreciados tomando cien centímetros cúbicos del que se desprende del manantial. La temperatura del agua de Chapultepec, corresponde á la de la alberca grande, reconocida á las diez de la mañana del 12 de Febrero y á dos metros de profundidad.

1216

Tabla 4. Tabla Analítica de las aguas más usadas en la ciudad de México. Fuente: Río de la Loza, L. y E. Craven, 1854, *Opúsculo sobre los Pozos Artesianos y las aguas naturales de más uso en la Ciudad de México.*

En la tabla anterior podemos ver las características de los diferentes manantiales, las diferencias de arrastre de minerales entre las aguas que llegan a la ciudad, ya que estos análisis confirman que el agua que venía de Santa Fe y Desierto de los Leones (agua delgada) era de mejor calidad que el agua de Chapultepec (o agua gorda) porque poseía una menor cantidad de minerales, sin embargo es posible ver también que contenía una mayor cantidad de materia orgánica¹⁹.

Río de la Loza analiza el contenido químico de los manantiales que surten a la capital, pero realiza también una breve descripción del estado que guardaba el canal del acueducto de los Leones:

Las fuentes, ó fuente de los Leones, no son en su origen una alberca o depósito de agua ó depósito de las aguas; este ha sido construido como á dos leguas antes de llegar á las primeras vertientes, las que comenzando en dos cañadas que á pocos pasos terminan en una... encañalando las aguas; lo que ha economizado al hombre el trabajo de conducir las de larga distancia... Llegando á esa alberca, conocida con el nombre de *presa* de los Leones, sigue el arte la obra comenzada por la naturaleza. Allí se ve cambiar el curso natural de las aguas, interrumpido por la mampostería que las recoge, llevándolas á un canal rústico nada económico, que se une al que trae el agua del Desierto, antes del depósito conocido con el nombre de *reposadera*, para seguir en dirección a Santa Fé.

Decimos que el canal no es económico, tanto porque su mala construcción exige frecuentes y por lo mismo costosos reparos, como por la cantidad de agua que constantemente pierde...evitándose el grave mal de que en la época de lluvias llegue a la ciudad una agua lamosa... (Río de la Loza: 1854: 9).

También menciona que existían una gran cantidad de conductos, que servían entre otros a la Hacienda de San Borja y otros lugares sin poder notificar si eran para servicio particular o público.

¹⁹ "En cuanto a la materia orgánica observada en los residuos de cada una de las aguas, creemos de fácil explicación el hecho de haber encontrado mas en el de la delgada que en las otras: recorriendo aquella mayor espacio que esta, por caños descubiertos, y á la disposición de los vecinos de las poblaciones inmediatas, debe estar en contacto por mas tiempo y con mayor cantidad de diversas materias orgánicas, disolviendo y arrastrando una parte con la facilidad que no tiene la gorda, ni la de los pozos artesianos...(p.18)

Es en estos años que se inicia también la perforación de pozos artesianos en la ciudad de México, Río de la Loza menciona a la empresa de los señores Pane y Molteni, como la primera en haber realizado con éxito estas perforaciones en la República, sin que se tuviera en ese momento noticia de ningún pozo perforado antes de la Independencia, y afirma que las hechas desde esa época no tuvieron buenos resultados. Habla de 20 pozos de aguas brotantes del subsuelo que se encontraban en ese momento en uso y que las perforaciones realizadas permitieron al mismo tiempo el análisis geológico de las capas que conforman el valle.

De las experiencias realizadas en la ciudad de México, surge la necesidad de tener mucho cuidado en las perforaciones para evitar la mezcla de las aguas profundas con las superficiales. En el estudio se menciona que este fue el problema que hizo que el primer pozo de Bucareli y el de San Lázaro tuvieran un agua hedionda, señala que el segundo pozo perforado en Bucareli, así como el de los Migueles y otros posteriores son todos de agua potable, teniendo más concentración de gas carbónico que las aguas delgada y gorda.

Los pozos artesianos se convierten a partir de este momento en un sistema confiable de obtención de agua potable, que otorga una flexibilidad total a las posibilidades de crecimiento urbano y que, se consideraba en este momento podía dar agua en abundancia para los requerimientos de la ciudad.

A pesar de lo anterior, en esta época se sigue considerando el agua de manantiales y la de los dos acueductos como un agua más pura y con mejores garantías de calidad. El sistema de pozos artesianos se convertirá al correr de los años, en una solución parcial y controvertida que seguirá proporcionando agua a la población hasta el momento actual.

La relación entre salud y aguas pantanosas estancadas es un tema central en el manejo ecológico del valle en este momento, el estudio de Río de la Loza y Craven recomienda para el manantial de Xancopinca (Tlatelolco), que sus aguas sean canalizadas y utilizadas o que se ciegue el manantial por ser “hoy pernicioso á los propietarios de los terrenos inmediatos, y aún a toda la población; porque su derrame mantiene un estenso pantano insalubre, que favorece además en tiempo de lluvias las inundaciones de todos los otros puntos que tienen sus derrames en dirección á los potreros de Aldana...” (Río de la Loza, 185^a: 21).

A partir de 1857, el surgimiento del ferrocarril urbano y la incorporación de los tranvías, empezaron a sustituir a los antiguos sistemas de transporte, como carros y carruajes y a los

canales como elementos imprescindibles del transporte urbano. De esta forma da inicio la expansión de la ciudad que tendrá como consecuencia el abandono parcial de las funciones de este núcleo central y la transformación de la morfología urbana.

Las líneas de tranvías, que unieron a través de este medio de transporte los antiguos pueblos ribereños, en muchos casos siguieron la traza de los antiguos caminos, en otros, conformaron nuevos ejes de desarrollo urbano y una nueva estructura, perfectamente imbricada al territorio: los sistemas de transporte siguieron la topografía y evitaron las zonas inundables en su edificación. La ciudad se consolidó con cuatro estaciones ferroviarias que permitieron una distribución equilibrada de las funciones de transporte y que se encontraban enlazadas a través de diversos medios: tranvías, carros, etc.

Durante el periodo de Porfirio Díaz, el centro económico-financiero de la ciudad, empieza a trasladarse desde la Plaza Mayor hacia el oeste, aunque esta última conserva las sedes de los poderes civiles y eclesiásticos. La ciudad crece, desbordando la metrópoli virreinal y comienzan a aparecer colonias para la burguesía, con algunos trazos diagonales -en contraposición a la traza de damero inicial-, perspectivas, fuentes, plazas y monumentos de carácter cívico.

En este período se colocan nuevas tuberías de fierro fundido de 10 cm de diámetro para dar servicio de agua a numerosas calles de la ciudad, la conexión posterior a las viviendas se realiza a través de tubos de plomo de un centímetro y medio de diámetro y se analiza la adquisición de manantiales que servirán en algún momento al abasto de la ciudad.

El Acueducto de Guadalupe dejó de dar agua a la ciudad de México a fines del siglo XIX. Este dato se encuentra en la memoria de los trabajos municipales realizados en 1897:

En la Memoria municipal de 1896 se dice que se ajustó en 13 de julio con el Ayuntamiento de Guadalupe Hidalgo, un nuevo contrato de arrendamiento por un año, de surco y medio de agua. Pues bien, este contrato se dió por terminado el 31 de julio del año actual de 1897, según el acuerdo de 6 de julio que se comunicó á aquel Ayuntamiento, una vez que en 13 del mismo mes fué aprobada esta resolución por el Gobierno del Distrito Federal. El Director avisó que el 31 citado había cortado el agua que venía de Guadalupe. (Sesión del 3 de Agosto). (Memoria Documentada: 1898: 169)

Parece que había surgido en marzo de 1897 un entredicho con el Ayuntamiento de Guadalupe por el cumplimiento de las obras de reparación y limpia del acueducto, que el Ayuntamiento de la Capital afirmaba haber llevado a cabo , haciéndose referencia a que por este motivo se había cortado un día el agua al Municipio de México. En sesión del 14 de mayo de 1897 la Corporación Municipal de México dio por terminado el acuerdo. En esa ocasión se autorizó también a la Dirección de Aguas a realizar las obras requeridas para la conexión de las tomas que se habían surtido de este acueducto a las aguas delgadas de la ciudad. A partir de este momento se inicia la demolición del tramo del acueducto de la Villa de Guadalupe a la Ciudad de México²⁰.

Por otra parte se menciona el acueducto de los Sres. Chousal y Comp., que informa que el Sr. Rafael Chousal compró una zona acuífera al Ayuntamiento en el año de 1896, sin más datos, ya que no se sabe que cantidad de agua llega a la ciudad procedente de este contrato.

En esta memoria se menciona también que se está construyendo el acueducto que debe conducir agua de los Morales a la ciudad y que se han iniciado ya los trabajos a la altura de la Fabrica Río Hondo para evitar que dicha fábrica contamine las aguas que serán llevadas a los Morales y a Molino del Rey:

12.- En 22 de febrero se autorizó el gasto de \$18,007.85 que importa, según presupuesto, un canal de mampostería para conducir al agua de los Morales al Molino del Rey, para incorporarla al agua delgada de la Ciudad²¹.

En 13 de Julio se autorizó el gasto de \$5,010.55 para completo de las obras del acueducto de los Morales con motivo del nuevo trazo, en virtud de que por ese acueducto han de venir las aguas de la Ascensión que el Gobierno General adquirió para el Bosque de Chapultepec conforme al acuerdo de que se hablará adelante.

²⁰ El Ayuntamiento, sesiones 19 y 23 de Noviembre, contestó al de Guadalupe Hidalgo remitiéndole las bases de arreglo bajo las cuales estaba dispuesto á dar término á las diferencias que habían surgido con motivo del cumplimiento de los contratos del 7 de marzo de 1882 y 21 de enero de 1897, relativo al arrendamiento del surco y medio de agua.

Estas bases dicen que se cede al Ayuntamiento de Guadalupe el tramo de cañería que se encuentra entre la toma de agua de aquella ciudad y el puente que da acceso á la Hacienda de Aragón, y que dicho Ayuntamiento entregará la suma de \$1,500 en tres abonos, suma que se destinará á levantar y traer el resto de la tubería que sirvió para el agua, objeto de los tan citados contratos de arrendamiento (Anexo núm. 28.). (Memoria Documentada: 1898: 170-171)

²¹ Por agua delgada se entiende siempre el agua que venía por el acueducto de Santa Fe y Desierto de los Leones.

También se dispuso en 15 de Junio,...entregar a la Administración de Rentas Municipales la suma de \$8,000, que es la cuarta parte del costo del canal que deberá conducir las aguas de los Morales y la Ascensión al Molino del Rey. Esta suma fue entregada é invertida en su destino. (Memoria Documentada: 1898: 172).

El trazo original del acueducto preveía una caída de agua a un lado del molino de la Hacienda de los Morales que sería de propiedad y uso de la Ciudad, el terreno sería donado por el Sr. Eduardo Cuevas. El trazo del acueducto fue modificado por pedido de la Junta del Bosque de Chapultepec y el Ministerio de Comunicaciones para incorporar las aguas de la Ascensión al servicio del Bosque, lo que indica que en este momento había ya una declinación definitiva del manantial de Chapultepec.

El 16 de Febrero el Ayuntamiento aprobó el dictamen del Síndico 2º y Comisión de Aguas, que dice: "1ª. Para conducir las aguas de los Morales desde esta finca, hasta el Molino del Rey, se autoriza la elección del trazo que propone la Comisión de aguas, trazo en que la caída se tiene en el Molino del Rey en vez de tenerse en la Hacienda de los Morales, entendiéndose que por el canal que se construya deberán conducirse juntas, las aguas de la ciudad y las llamadas de la Ascensión que hoy pertenecen al Bosque de Chapultepec, aguas que deberán separarse en la Caja repartidora que se construirá en Molino del Rey con las condiciones que para esa Caja proponga la Comisión del ramo y apruebe el Ayuntamiento. La elección de este trazo se hace bajo la condición de que el Ministerio de Comunicaciones conteste de conformidad el oficio que deberá librársele conforme a la siguiente proposición:

2ª. Líbrese atento oficio por conducto de la Secretaría de Gobernación á la de Comunicaciones, expresando que el Ayuntamiento está conforme en que las aguas de los Morales y las llamadas de la Ascensión, que hoy pertenecen al Bosque de Chapultepec, continúen juntas desde los Morales hasta el Molino del Rey, en cuyos terrenos se establecerá la Caja repartidora respectiva, siendo el trazo del canal que conducirá esas aguas, el que permite al Ayuntamiento tener caída de agua en Molino del Rey, y cuyo trazo está siendo estudiado por la Junta del Bosque y por la Comisión de Aguas de esta Corporación, entendiéndose que el Ministerio de Comunicaciones deberá pagar el 25 por 100 del costo total de esta obra, y que además deberá ser también á su

cargo el costo de la nueva Caja repartidora, así como del terreno que en Molino del Rey necesite adquirir el Ayuntamiento para establecer en ese lugar su instalación de filtros.

Exprésese igualmente en el oficio que el canal deberá considerarse propiedad del Ayuntamiento, contribuyendo, sin embargo, la Secretaría de Comunicaciones á los gastos de limpia, vigilancia y conservación, de la misma manera que tiene la obligación de hacerlo con respecto al acueducto que viene de Río Hondo á Morales...

Con el fin de evitar la contaminación en Río Hondo de las aguas que entrarán próximamente á la ciudad, el Ayuntamiento autorizó en 20 de Agosto el gasto de \$4,904 que importan las obras que se han de ejecutar, y acordó en 17 del mismo que se suplicará a los dueños de la fábrica referida, se sirvieran cambiar el lugar de los comunes que entonces descargaba sobre el camino de las aguas, á lugares próximos á la barda que limita la fábrica hacia el Oriente, de acuerdo con el ingeniero encargado por el Ayuntamiento para realizar las obras referidas (Memoria Documentada: 1972-1976).

La entrada de las aguas del acueducto estaba prevista para el 20 de diciembre de 1897, sin embargo, faltaban obras en el Río Hondo para evitar la contaminación del Agua de los Morales, por lo que el 14 de diciembre se autorizó otra partida de gasto de \$2,851 para terminarlas.

El 29 de diciembre de 1896 el gobierno aprobó el acuerdo a la minuta del contrato celebrada con el Sr. Antonio Pliego Pérez, propietario del Molino de Sotelo, para aprovechamiento del agua, al no poder otorgarse la escritura respectiva a tiempo, se le solicitó permiso el 26 de octubre para llevar a cabo las obras pactadas en el contrato, porque era urgente realizarlas para traer el agua de los Morales, se aprobó también el lugar elegido por la Comisión de Aguas para la construcción del aprovechamiento de la caída de agua en los terrenos del Molino de Sotelo.

Respecto a los usos del agua en la ciudad, hay un párrafo extraordinario que demuestra claramente la escasez de agua que prevalecía en la ciudad de México en estas fechas:

3.- Respecto al uso del agua en la Ciudad, llama la atención por lo intrínseco de la resolución y porque es un caso solo, el acuerdo del 23 de Abril, por el cual se dijo al Sr. Maximino Río de la Loza, quién se quejó de la falta de en una botica de su propiedad, que el agua que proporciona el Ayuntamiento á los particulares es para el uso privado

de las habitaciones, y que si se le da otro uso en especulaciones industriales, no es su culpa que no alcance para ellas, pues precisamente su empleo inmoderado en el sentido que se expresa, perjudica á los demás amercedados. (Memoria Documentada: 1898: 162)

Más adelante, en estas mismas memorias, se menciona otro factor que se empezó a discutir a fines del siglo XIX, y que podemos definir como antecedentes del cambio experimentado en la percepción liberal del uso de los recursos naturales y la gestión del agua:

5.- En sesión del 14 de Mayo se discutió un dictamen de la Comisión de aguas que consultaba que no era de admitirse lo propuesto por D. Juan M. Benfield para construir un acueducto para aprovechar la fuerza hidráulica en su finca, Fábrica de Papel de Belem, y en la segunda posición se indicaba que el Ayuntamiento accedía á que aprovechara el solicitante la fuerza del agua, siempre que hiciera a su cuenta el acueducto.

Este dictamen fue retirado porque los CC. Macedo y Ramírez sostuvieron que era inconveniente *constituir servidumbres sobre las aguas de la Ciudad*, y tanto que había tenido que autorizarse el gasto de una fuerte suma para indemnizar al dueño del Molino de Sotelo de una servidumbre semejante.

El C. Garza, autor del dictamen, manifestó que tan importante era la canalización de las aguas, que por la evaporación y absorción se pierde en la altura á que estamos, del 50 al 75 por 100 del caudal de aguas. El dictamen fue retirado. (Memoria Documentada: 1998: 163)

Hay también un llamado a los propietarios de fincas a acreditar las mercedes del agua, ya que de no reconocerse la propiedad del agua, se procedería a reportar los adeudos de anteriores pensiones o arrendamientos, en caso de que el propietario hubiese actuado de buena fe se condonarían los adeudos, iniciándose el acuerdo entre el Ayuntamiento y el propietario por el pago de pensión, lo anterior indica que el Ayuntamiento empieza a establecer orden y un seguimiento a las concesiones particulares de agua, que desembocará finalmente en un sistema más eficiente de distribución.

Empieza también a reflejarse en las memorias, un problema generalizado (no sólo en la ciudad de México), por la localización de industrias en la periferia urbana, que aprovechaban los cursos de agua en los procesos de producción y en la generación de electricidad, y que descargaban sus desechos directamente en los cursos de agua:

Al Síndico 2º se mandó pasar en 3 de Agosto, por dictamen de la Comisión de Aguas, el oficio del Jefe de la Comisión Hidrográfica, noticiando que la Compañía Cervecera de Toluca había presentado denuncia ante el Gobierno del Estado de México, de las aguas de San Francisco que vienen á Río Hondo.

Se hizo saber al Gobierno del Estado de México que sobre esta agua tiene derechos la Capital de la República.

El Consejo Superior de Salubridad contestó el informe que se le pidió con motivo de este asunto, según se vé en el acta de la sesión del 5 de Octubre, diciendo que no era conveniente sino perjudicial á la salud pública que el agua de la Ciudad se emplee en usos industriales, antes de darse al consumo público, y este informe se mandó pasar al Síndico 2º." (Memoria Documentada: 1898: 180).

Las industrias afectaron a los ríos por la contaminación de las aguas, pero también se convirtieron en un sector que acaparaba el agua para sus propios usos, con lo que los caudales podían llegar muy disminuidos y contaminados a las poblaciones.

A fines del siglo XIX, el caudal del manantial de Chapultepec disminuyó rápidamente quedando solo para servicio del Castillo y del bosque; se decidió entonces demoler el acueducto y las albercas fueron clausuradas.

El 19 de enero de 1897 se acordó "... que se conceda á quien lo pida, permiso para derribar por su cuenta los arcos del antiguo acueducto de Chapultepec, aprovechando el material, pero entregando á la Dirección de Aguas la losa que forma la plantilla... En 2 de febrero se acordó que se conservaran veinticinco arcos del acueducto de Chapultepec, en el lugar que más convenga, construyéndose en los extremos de esa arquería remates arquitectónicos adecuados que contengan lápidas conmemorativas." (Memoria Documentada: 1897:166)

En diciembre de ese mismo año, la Comisión de Aguas presentó dictamen "...para que se conserven nueve arcos de los que forman el antiguo acueducto de Chapultepec, de los que están en la calzada de la Verónica; pero este dictamen se retiró como resultado del debate.." (Memoria Documentada: 1898:166), aceptándose la conservación de los 25 arcos de la calzada de Chapultepec.

El 19 de noviembre "...se ofreció a la Secretaría de Comunicaciones cederla los arcos del antiguo acueducto de Chapultepec, para que emplee los materiales en la reposición de la calzada, siempre que haga el derrumbe por su cuenta, en un plazo que se fije. Se exceptúan los veinticinco arcos de que antes se habla" (Memoria Documentada: 1898: 166-167)

El 6 de octubre de 1896 "..se autorizó a la Comisión de Aguas para quitar del Bosque de Chapultepec la instalación de las antiguas bombas... y en el año actual de 1897 se acordó, en 22 de junio construir un nuevo local para el maquinista de la actual instalación de bombas... calculándose el costo de \$4697, de la cual suma se deduciría la de mil pesos si se aprovecha el material de los arcos del acueducto de Chapultepec" (Memoria Documentada: 1898: 167), el material de los dos grandes acueductos de México fue así reutilizado en nuevas obras, cerrándose este ciclo de distribución de agua, que se había constituido durante siglos como uno de los elementos fundamentales de su imagen urbana.

En la Memoria Documentada de 1898, se marcan varios trabajos realizados en los diversos acueductos, en el acueducto del Desierto se rectificaron 1524 metros del antiguo cauce con canoas de madera, en el de los Leones un tramo de 680 metros:

En la Hacienda de los Morales se construyó un canal para unir directamente el acueducto de Sotelo con el que va a Molino del Rey; se construyó una caja repartidora con tres tomas para la Ciudad, para Chapultepec y para la Hacienda de los Morales.

En Río Hondo se construyeron las obras de defensa y saneamiento de las aguas que llegan a la taza repartidora.

En el acueducto de los Morales al Molino del Rey se reconstruyeron los puentes núm. 2 y 3.

En el acueducto de Valdés se reconstruyó un tramo de setenta metros y en el interior del Molino se cubrió parte del acueducto con láminas acanaladas de fierro galvanizado. (Memoria: 1899: 182-183)

El 21 de abril se hizo entrega de las aguas por parte del Sr. Cuevas en una ceremonia donde asistió "...el Regidor y el Síndico de Aguas, el Director del Ramo, D. Eduardo Cuevas y el escribano de Diligencias. Los CC Regidor Garza y el Síndico Tornel, remitieron en 29 de Abril el acta levantada el día 21 con motivo de la entrega del agua de que se trata, que se efectuó en la caja repartidora de Río Hondo, en la Hacienda del León, Municipalidad de San Antonio de Naucalpan, Distrito de Tlalnepantla, del Estado de México."(Memoria: 1899: 191)

El agua del acueducto de los Morales entró por primera vez a la ciudad el 19 de mayo de 1898, una vez puesto en funcionamiento el acueducto, el agua pudo abastecer a la ciudad solamente dos días. En el mes de agosto, debido a las lluvias se destruyeron los puentes 2 y 3 y el servicio se restableció hasta el 5 de noviembre, a partir de esa fecha se registra la entrada de las siguientes cantidades de agua.

Mes	Litros/min
Noviembre	8,010
Diciembre	7,300

Se otorgaron permisos para colocación de caños de servicio particular cuyo costo era cubierto por los propietarios en las colonias San Rafael, Santa María la Ribera, una en la Calzada de la Reforma y en varias calles del centro, ya que a partir de la Ley expedida el 20 de enero era posible asignar a algunas personas permiso para la colocación del tubo principal de agua en determinadas calles y la derivación secundaria a su propiedad.

A partir de la construcción de este acueducto el pueblo de Santa Fe empieza a presentar demandas al Ayuntamiento de México para recuperar el agua de su acueducto:

7. En 25 de Noviembre se acordó lo siguiente:

“1ª. Dígase al Ayuntamiento de Santa Fe que no existen antecedentes en la Secretaría del Ayuntamiento de México con respecto á que en 1897 se hubiese contestado á ese Ayuntamiento que se daría el líquido que reclamaba, una vez que entrara á México el agua de los Morales.

2ª Dígase al mismo Ayuntamiento que en caso de que se ratifique el convenio á que se refiere el acta de posesión de 31 de Diciembre de 1883, en los términos del acuerdo de Cabildo que se transcribirá de fecha 31 de Diciembre de 1880, este Ayuntamiento está dispuesto, previa autorización del Gobierno del Distrito, á que se otorgue la escritura respectiva, haciéndose los gastos por mitad y aumentándose la toma que hoy tiene el Ayuntamiento de Santa Fe en el acueducto, de modo que mida 41/2 jarras ó sean 36 litros 936 mililitros por minuto. (Memoria: 1899: 188-189)

En este año se aprobaron los gastos para la construcción de cañerías y la distribución de agua para la Colonia de la Teja, se limpió el pozo artesiano de Santa Anita, se autorizó el gasto para la perforación de un pozo en la plazuela de Santo Tomás y para la conclusión del pozo de San Nicolás Otzoloacán, se autorizaron \$2,960 para la apertura de cuatro pozos al norte de la ciudad (sin localización definida todavía) y se recibió el segundo pozo perforado en el nuevo Rastro de la ciudad.

En lo que se refiere al agua que se recibía del acueducto de los Sres. Chousal, el 18 de marzo se da por infundada la petición del Sr. Chousal, donde se demandaba que el Ayuntamiento se apersonara de forma conjunta, en el interdicto presentado por los Sres. Vidal y de la Torre, en el Juzgado de las Letras de Lerma para recuperar la posesión de los manantiales denominados “Peñuelas”, “Teponaxtle” y “Ajolotes”, “...sostiene y funda que es improcedente la petición del Sr. Chousal. La escritura firmada el 16 de abril de 1896, por la cual el Ayuntamiento compró á la

Sociedad Chousal y Compañía todos los derechos y acciones emanados de los contratos otorgados por la Secretaría de Fomento en 31 de Enero y 7 de Agosto de 1895, para aprovechar las aguas que produzcan los manantiales que dichas concesiones especifican, establece en la cláusula 8ª. que la Compañía vendedora continuará, como cosa que exclusivamente la afecta... obligándose á proseguir el juicio hasta su término; y que en el evento de que la sentencia fuera adversa á la Compañía vendedora, no siéndole posible en virtud de ella entregar a la Ciudad los expresados veneros, consiente la Compañía en que de los últimos abonos que tiene que recibir por precio de venta, se le descuenta la parte que proporcionalmente corresponda a los mencionados manantiales ...” (Memoria: 1899: 195). En puntos posteriores, se menciona que el demandado es también el Ayuntamiento y que finalmente el Juzgado de Lerma se pronunció a favor de los Sres. Vidal y de la Torre, por lo que le fueron descontados de los últimos pagos a los Sres. Chousal y Compañía.

El 29 de abril se ofrecen al Ayuntamiento las aguas del río de Monte Alto y de las obras de captación, por parte de los Sres. Juan J. Dachary y Ernesto Pugibet de la Fábrica de Tejidos de lana San Ildefonso, sin embargo no consta en las memoria posteriores que dichas aguas fueran incorporadas al servicio. El Ayuntamiento compró algunos de los manantiales de la Sierra de las Cruces que podían ser fácilmente incorporados a las aguas de Santa Fe y Desierto.

El sistema completo quedó así conformado con las aguas del Desierto y de los Leones, el agua de Santa Fe, las aguas de Chapultepec y el acueducto de los Morales. Se tenía servicio privado por pozos en diversas áreas de la ciudad y se empezaron a realizar pozos artesianos para incorporar sus aguas dentro de los sistemas de distribución.

Finalmente, en 1908, dejaron de utilizarse las aguas de Santa Fe y Desierto, dejándolas exclusivamente para el uso de los pueblos de Santa Fe, Cuajimalpa y Tacubaya, al iniciarse la introducción del agua proveniente de los manantiales de Xochimilco.

Los acueductos fueron demolidos por sectores prácticamente en su totalidad, quedando los arcos sobre la Av. de Chapultepec, en las faldas del Cerro de Chapultepec y en la barda del Molino del Rey, hoy parte de la residencia oficial de Los Pinos. Algunas de las fuentes públicas se conservan, por ejemplo, la que se encontraba cerca del bosque fue trasladada a la estación Chapultepec del metro de la ciudad de México, la fuente original de Salto del Agua fue trasladada al jardín del convento de Tepotzotlán y en su lugar se colocó una réplica realizada en los años cuarenta.

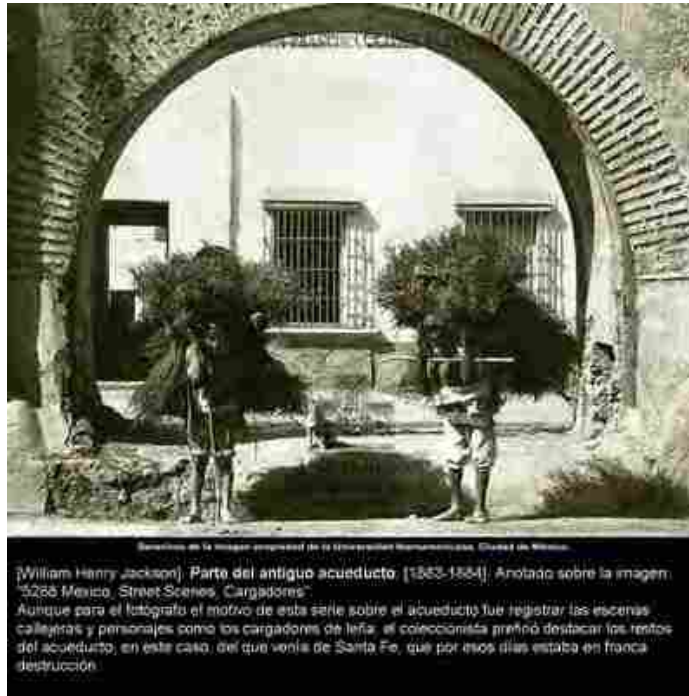


Figura 15. William Henry Jackson, Antiguo Acueducto de Santa Fe. Fuente: Universidad Iberoamericana, Biblioteca Francisco Clavijero.



Figura 16. William Henry Jackson, Antiguo Acueducto de Santa Fe. Fuente: Universidad Iberoamericana, Biblioteca Francisco Clavijero.



Figura 17. Fuente de Chapultepec en su actual emplazamiento. Fuente: La ciudad en el Tiempo, el Universal, Colección Villasana.

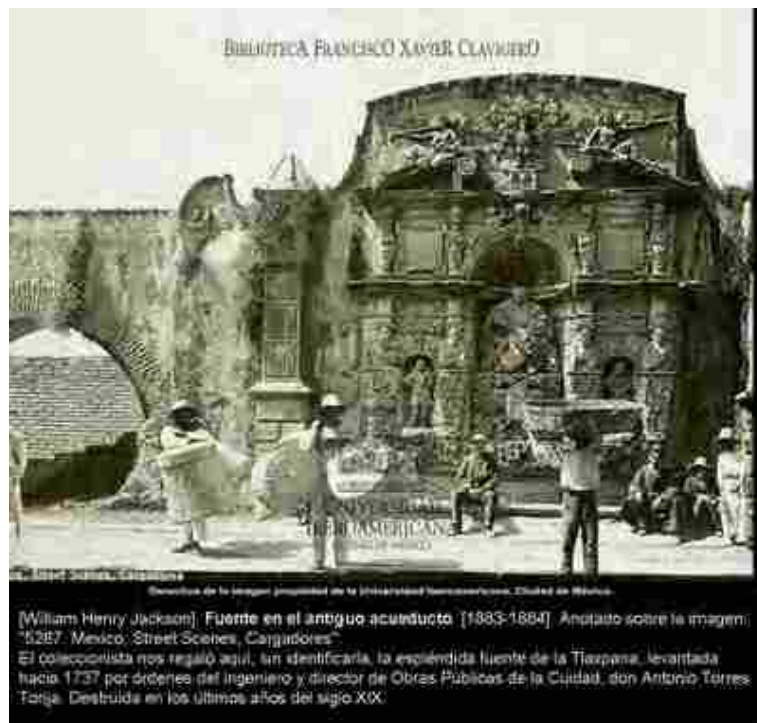


Figura 18. William Henry Jackson, Antiguo Acueducto de Santa Fe. Fuente de la Tlaxpana. Fuente: Universidad Iberoamericana, Biblioteca Francisco Clavijero.



Figura 19. A. Briquet, Antiguo Acueducto de Santa Fe a su paso por Chapultepec. Fuente: Universidad Iberoamericana, Biblioteca Francisco Clavijero.



Figura 20. Fuente de Salto del Agua. Litografía de Casimiro Castro. Fuente: México y sus alrededores, 1855 y 1856, Decaen. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020006656/1020006656.PDF>

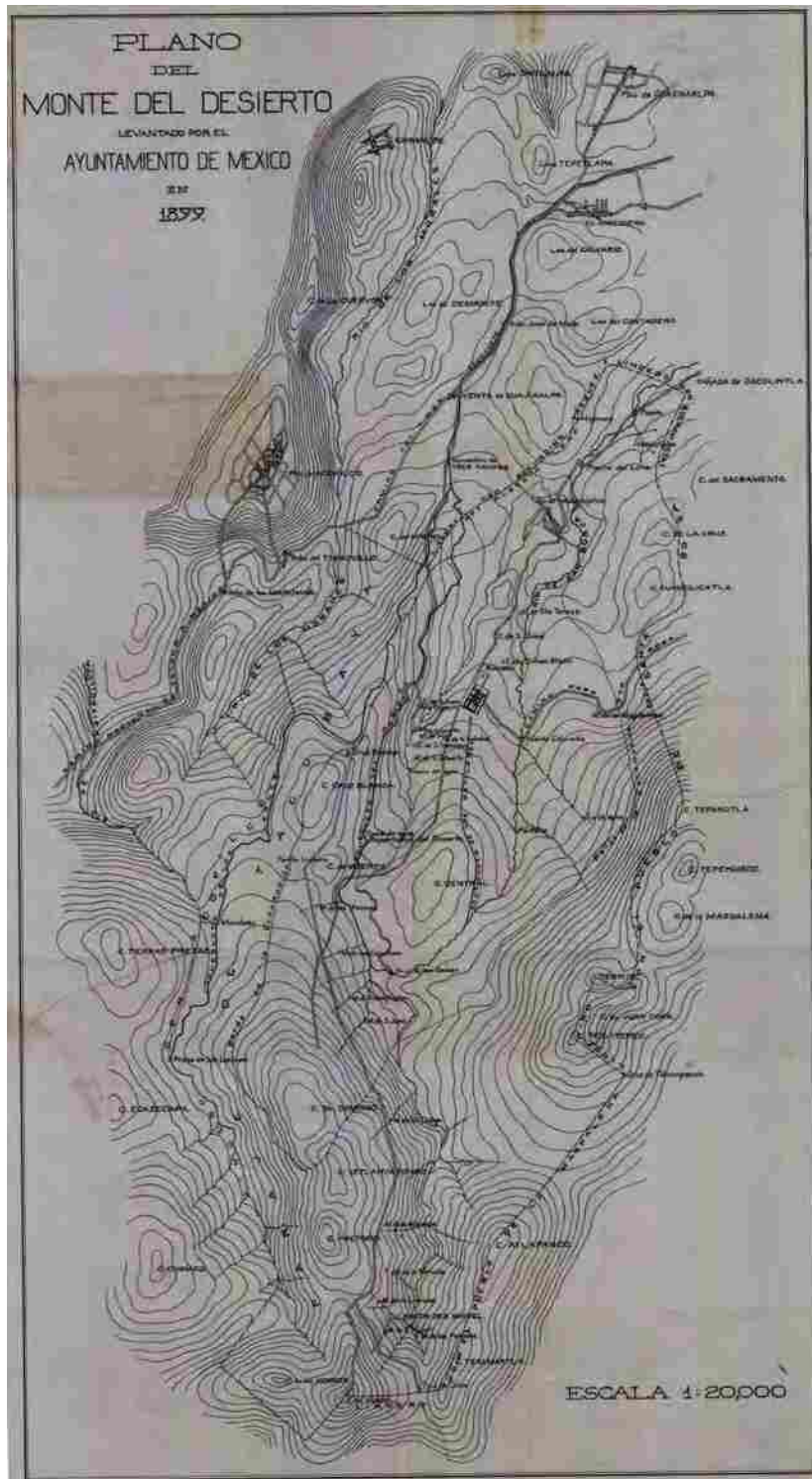


Figura 21. Plano del Desierto, 1899, trazo del acueducto del Desierto y de Los Leones. Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Distrito Federal, 1216-CGE-725-A

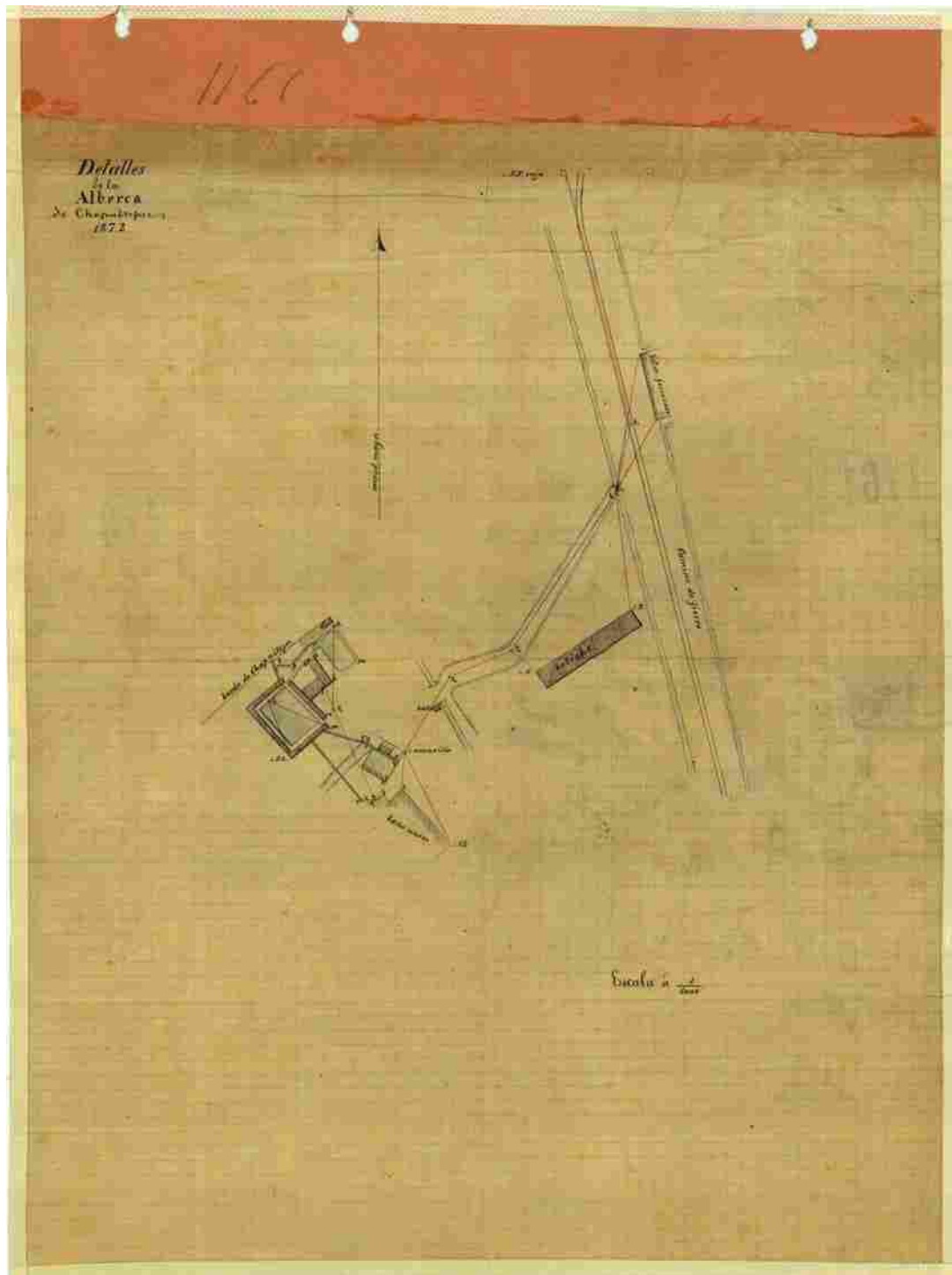


Figura 22. Detalle de la Alberca de Chapultepec, 1872. Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Distrito Federal, 1161-CGE-725_A

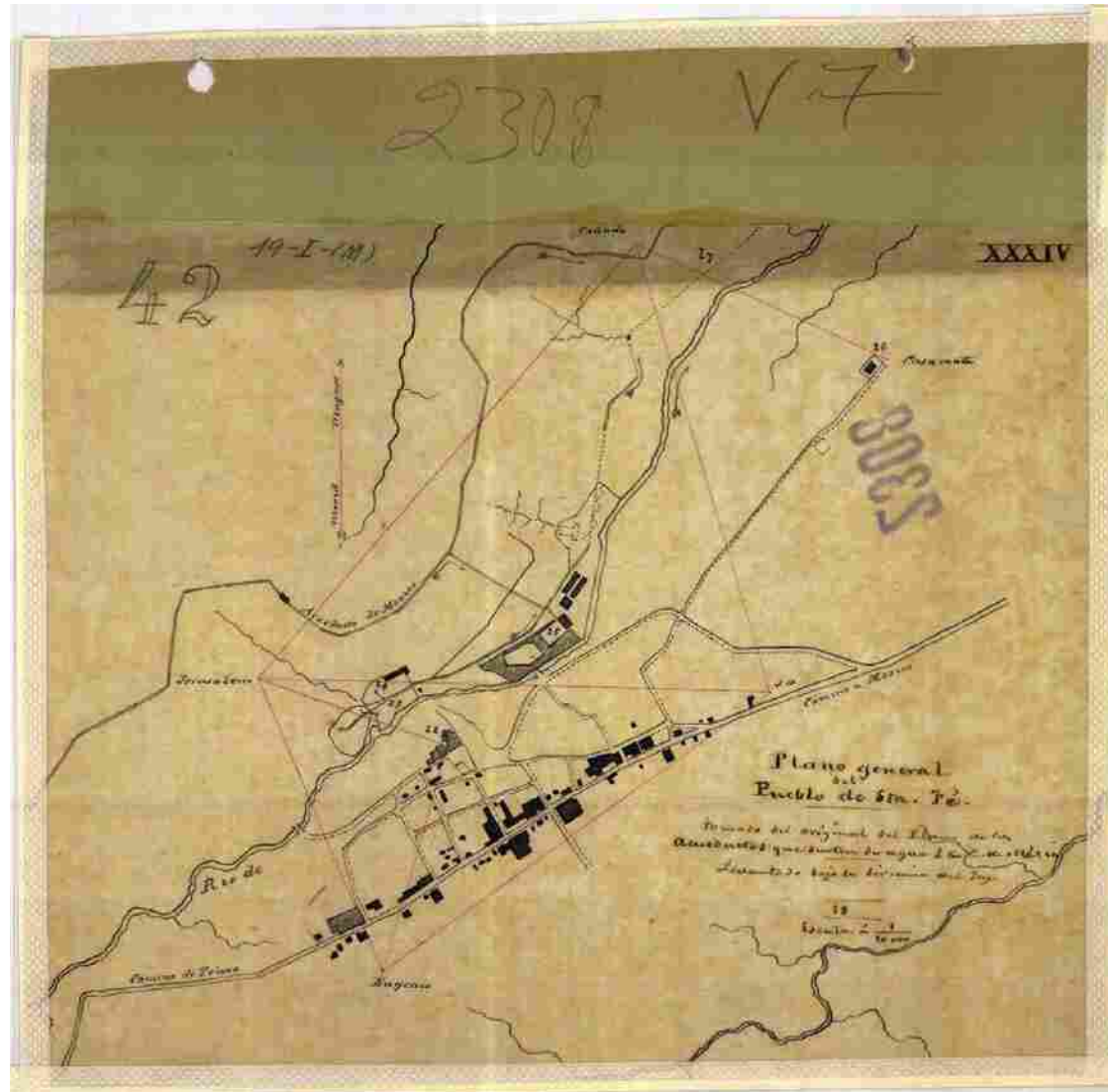


Figura 23. Mapa del pueblo de Santa Fe con el trazo del acueducto de México, s/f. Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Distrito Federal, 2308-CGD-725-A

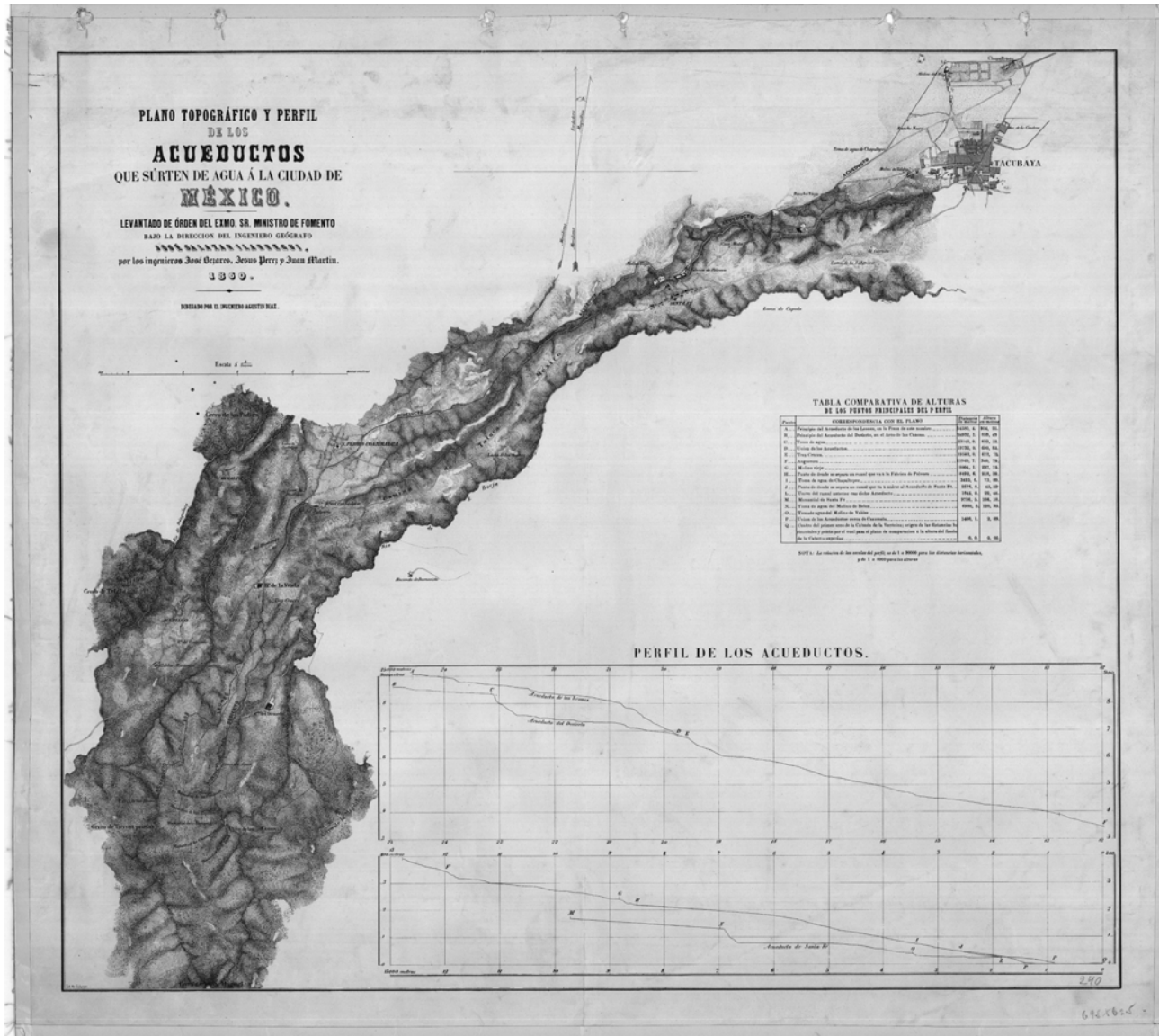


Figura 24. Plano de los Acueductos que surten de agua a la Ciudad de México, Levantado por orden del Excelentísimo Sr. Ministro de Fomento. 1860. Mapoteca Orozco y Berra. Colección Orozco y Berra, 240-OYB-725-A

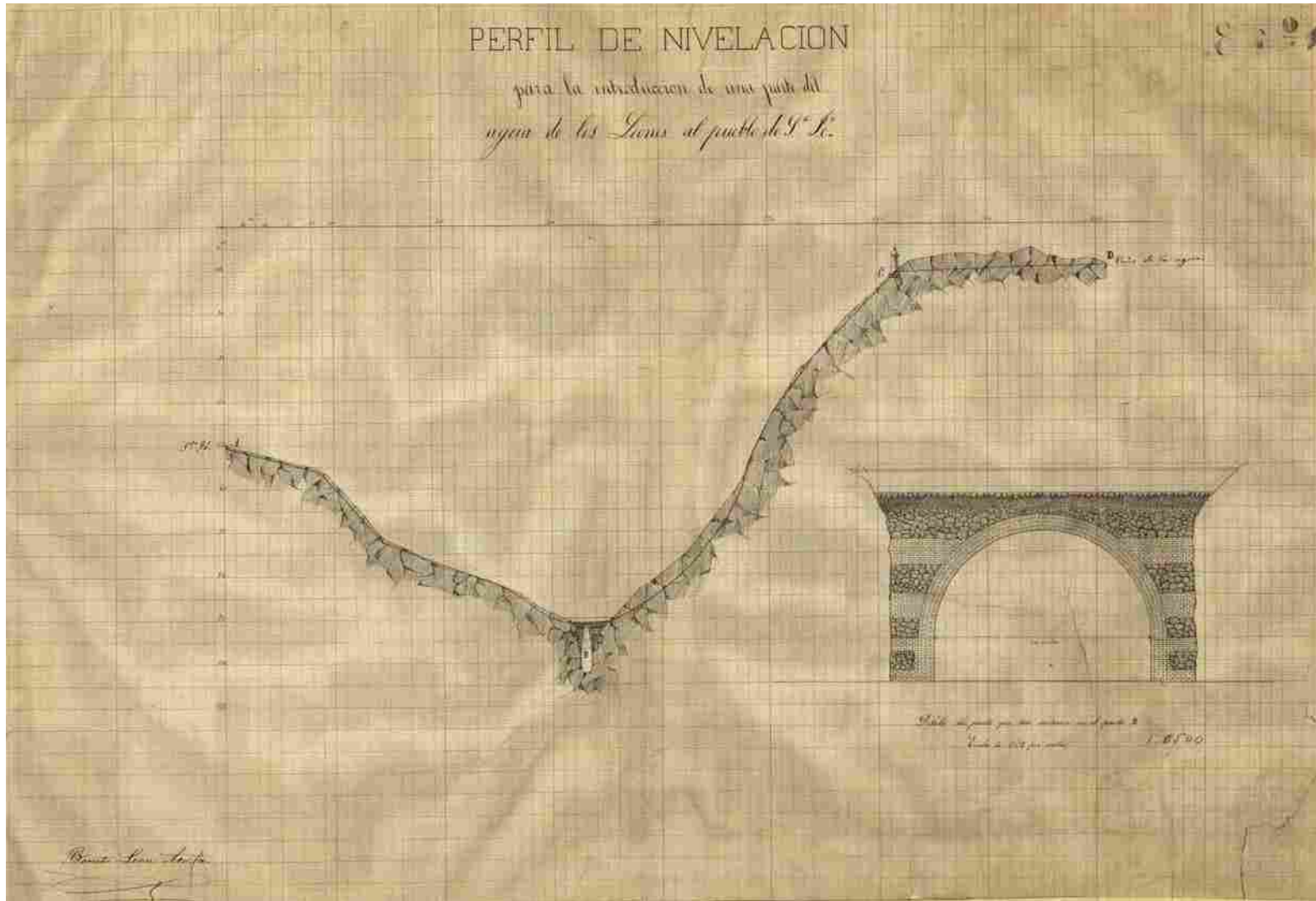


Figura 25. Perfil de la Nivelación de una parte del agua de los Leones al pueblo de Santa Fe. Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 669-OYB-725-A

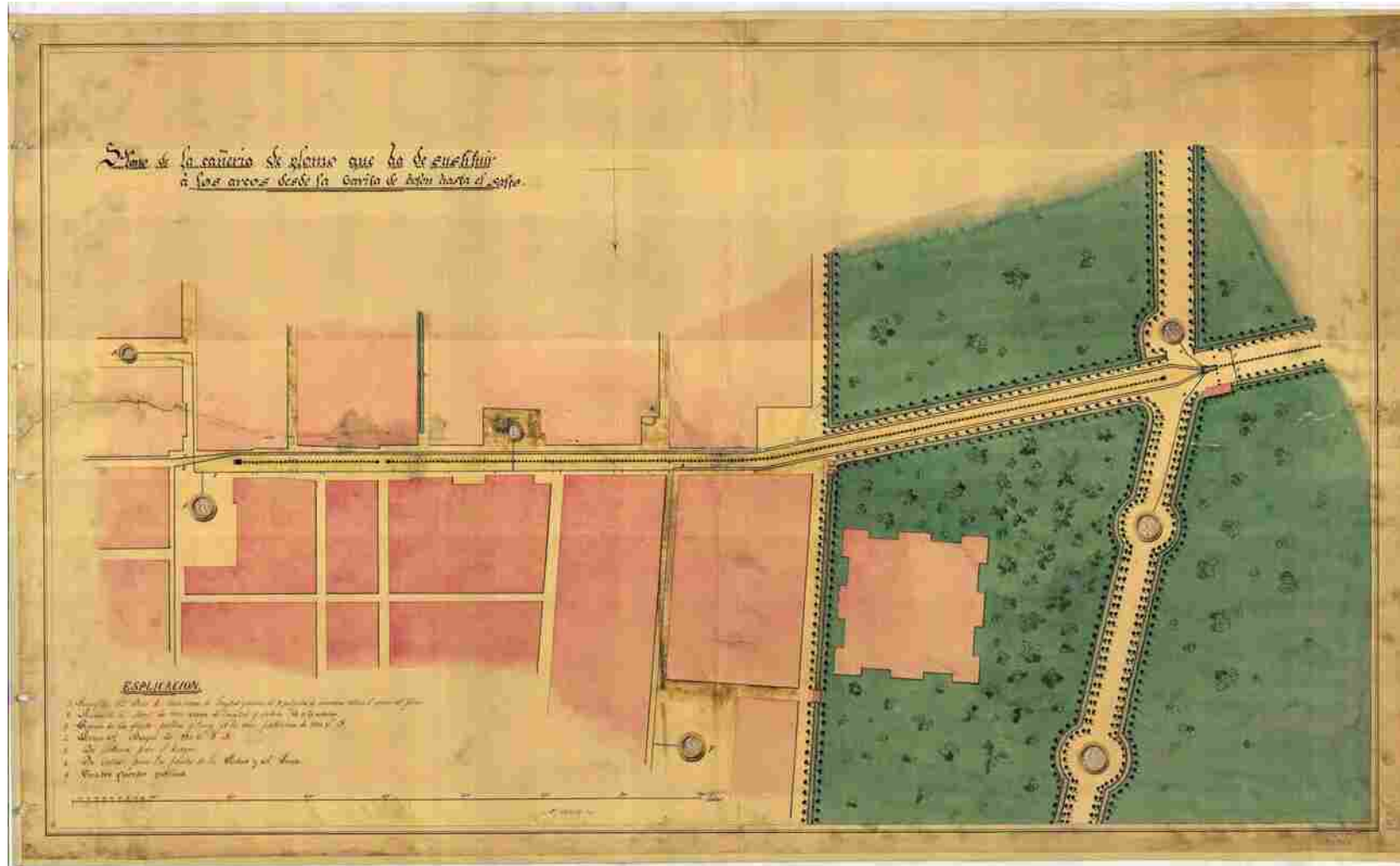


Figura 26. Plano de la cañería de plomo que ha de sustituir á los arcos desde la garita de Belén al Salto. Mapoteca O y B, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 965-OYB-725

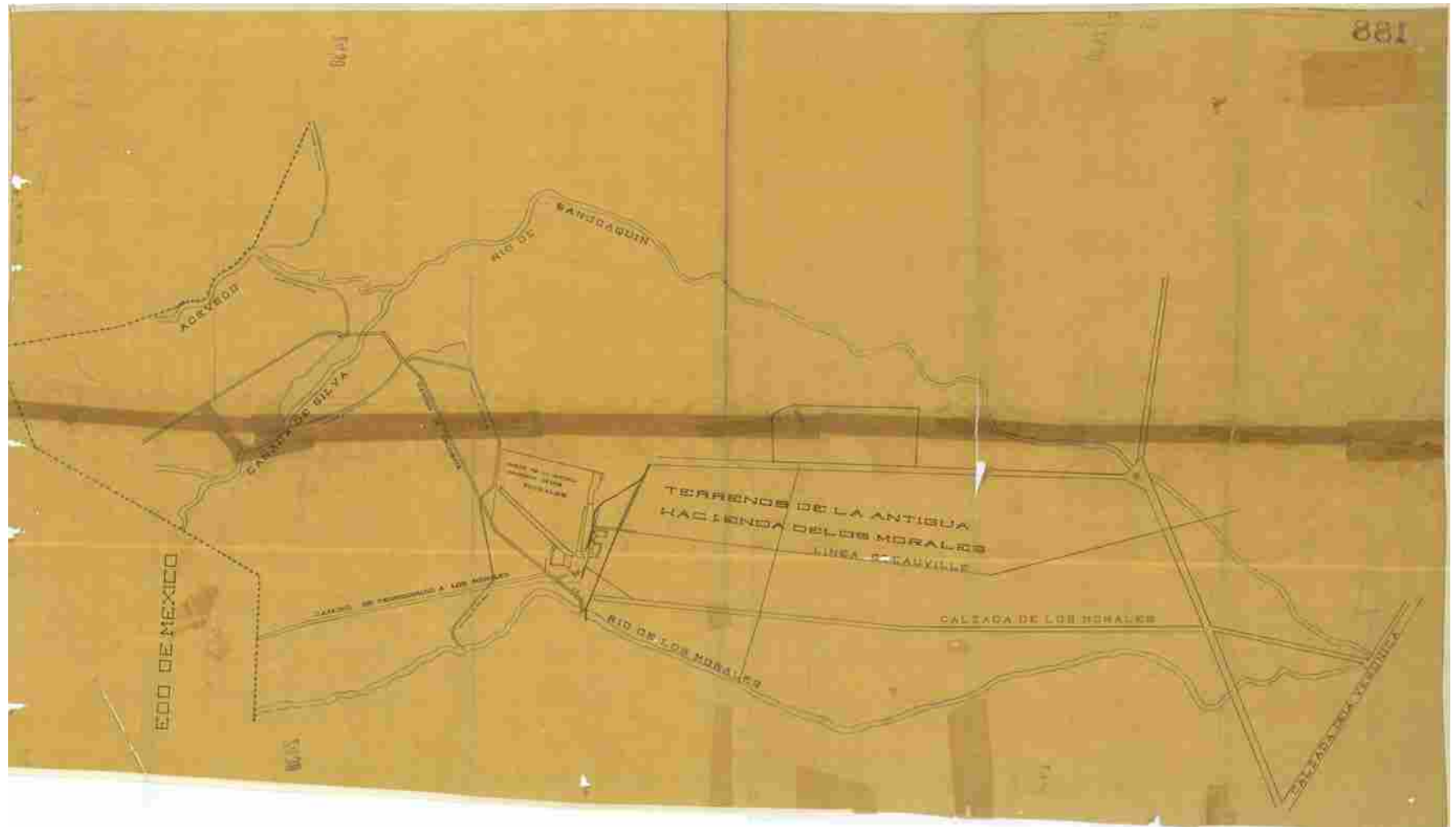


Figura 27. Plano de la Hacienda de los Morales con el trazo del acueducto del Río Hondo. Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Distrito Federal, 2438-CGE-725

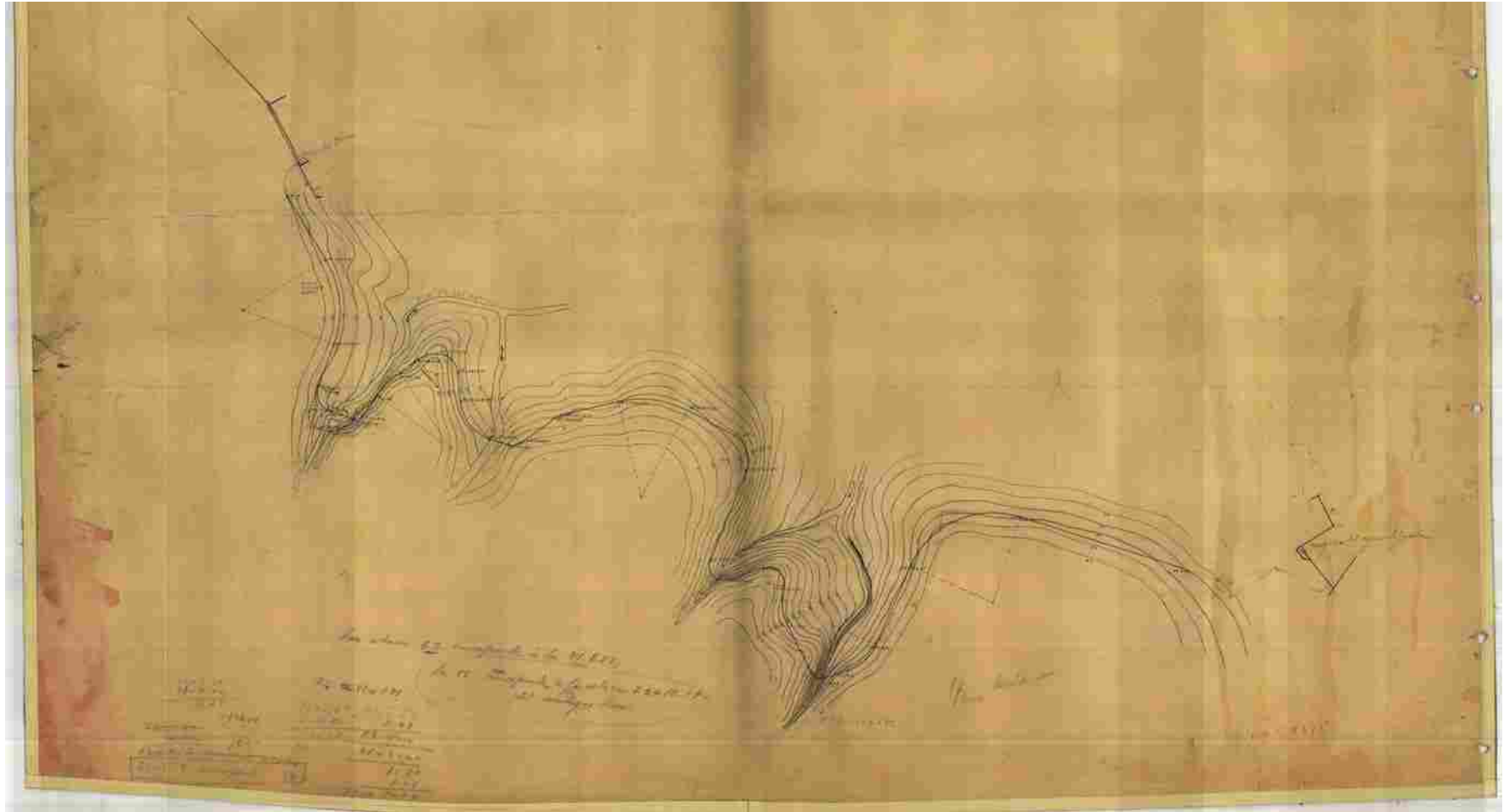


Figura 28. Trazo del acueducto de los Morales, desde el acueducto de Río Hondo hasta el Molino del Rey. Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 388-OYB-725.

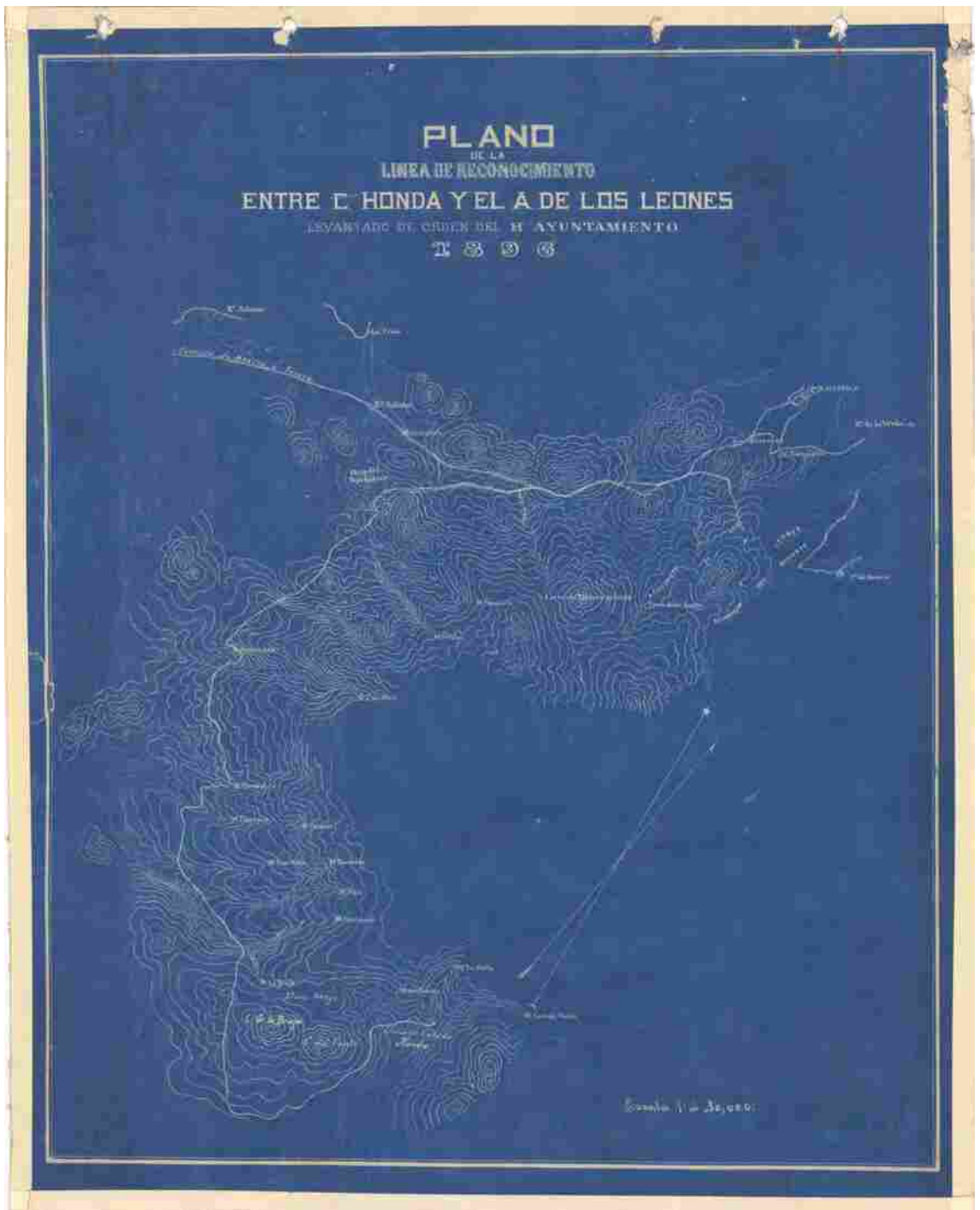


Figura 29. Plano del reconocimiento entre la cañada Honda y el Acueducto de Los Leones (1906). Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 392-OYB-724-A

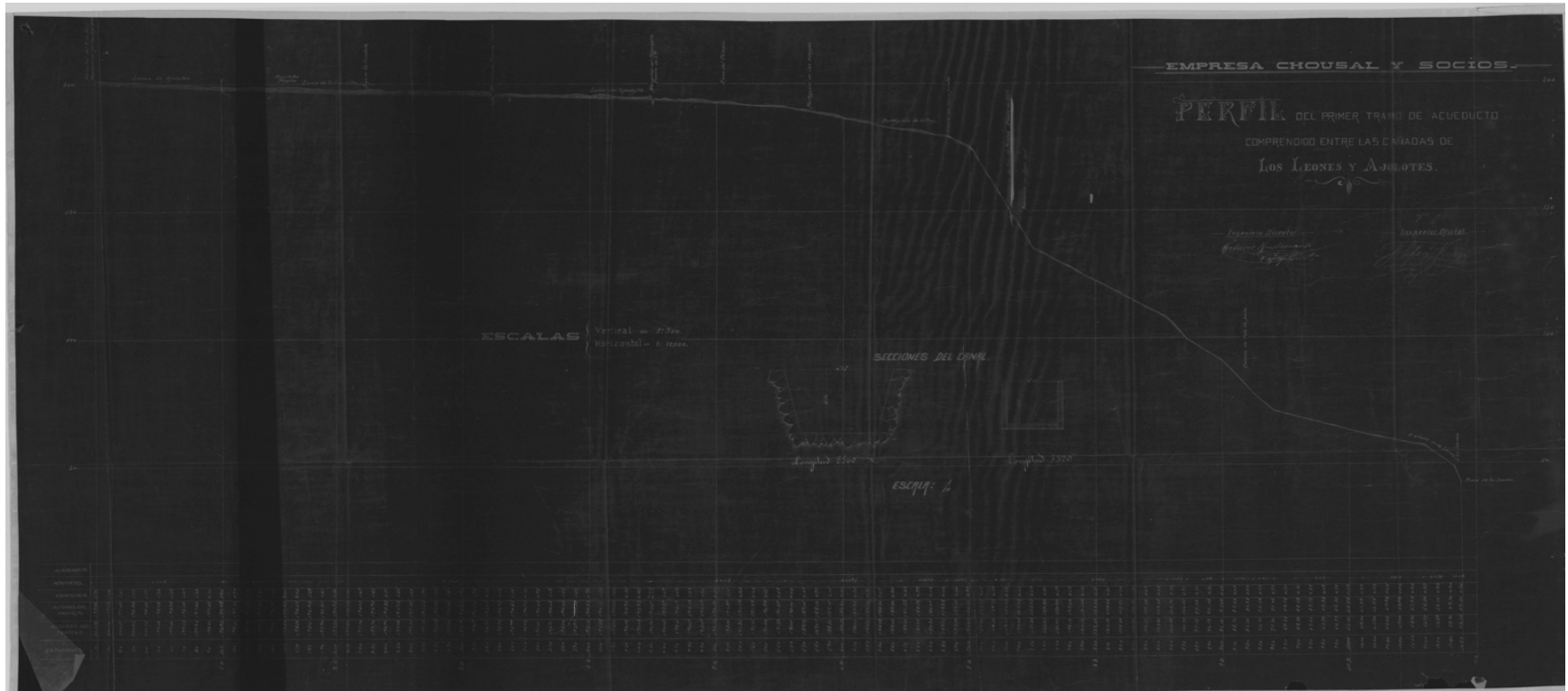


Figura 30. Perfil del Primer tramo del Acueducto de la empresa Chousal y Compañía, entre la cañada de los Leones y Ajolotes. Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Distrito Federal, 7568-CGE-725-A

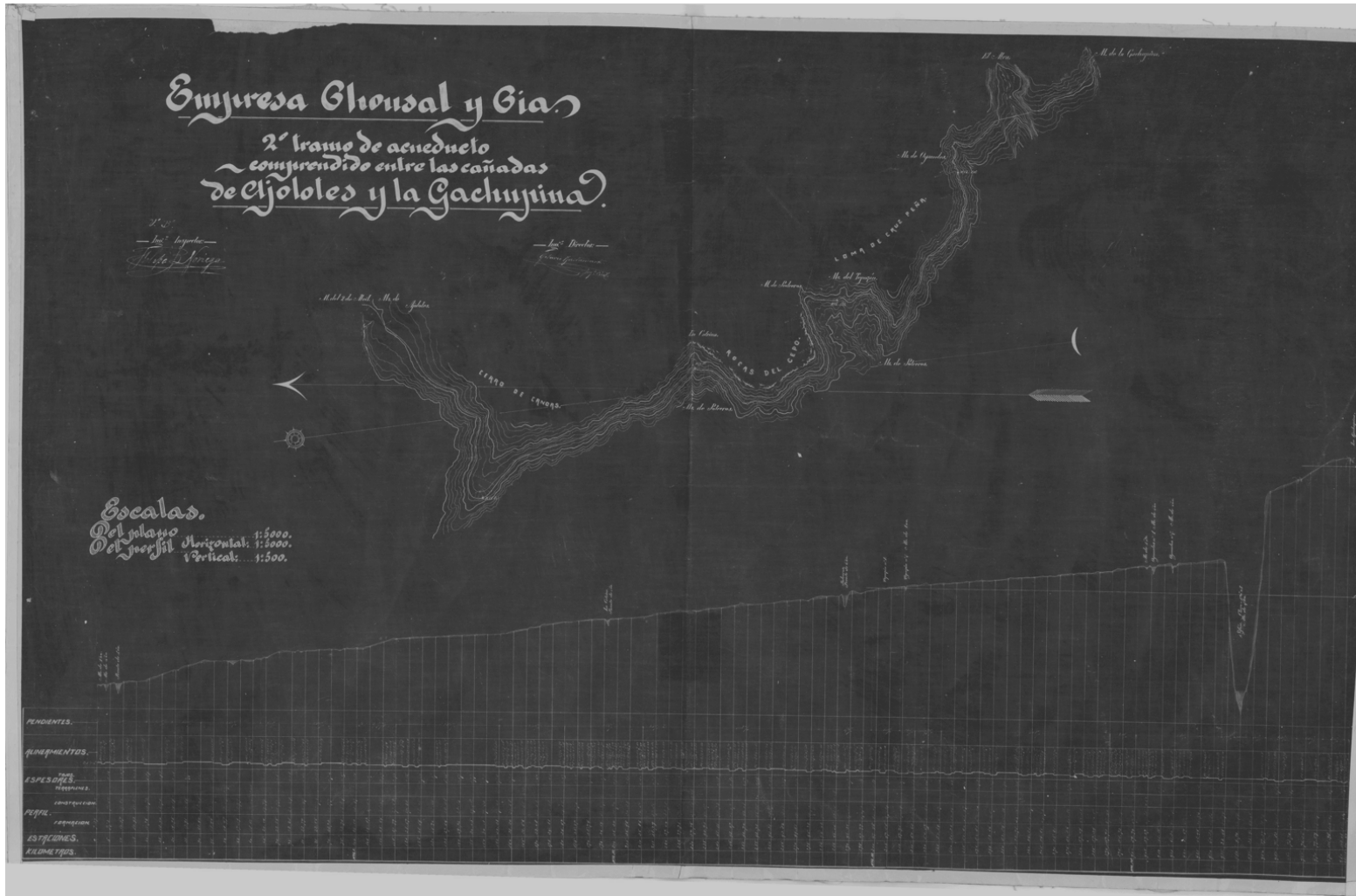


Figura 31. 2º Tramo del acueducto entre las cañadas de Ajolotes y la Gachupina, Empresa Chousal y Cía. Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 395_OYB-725-A

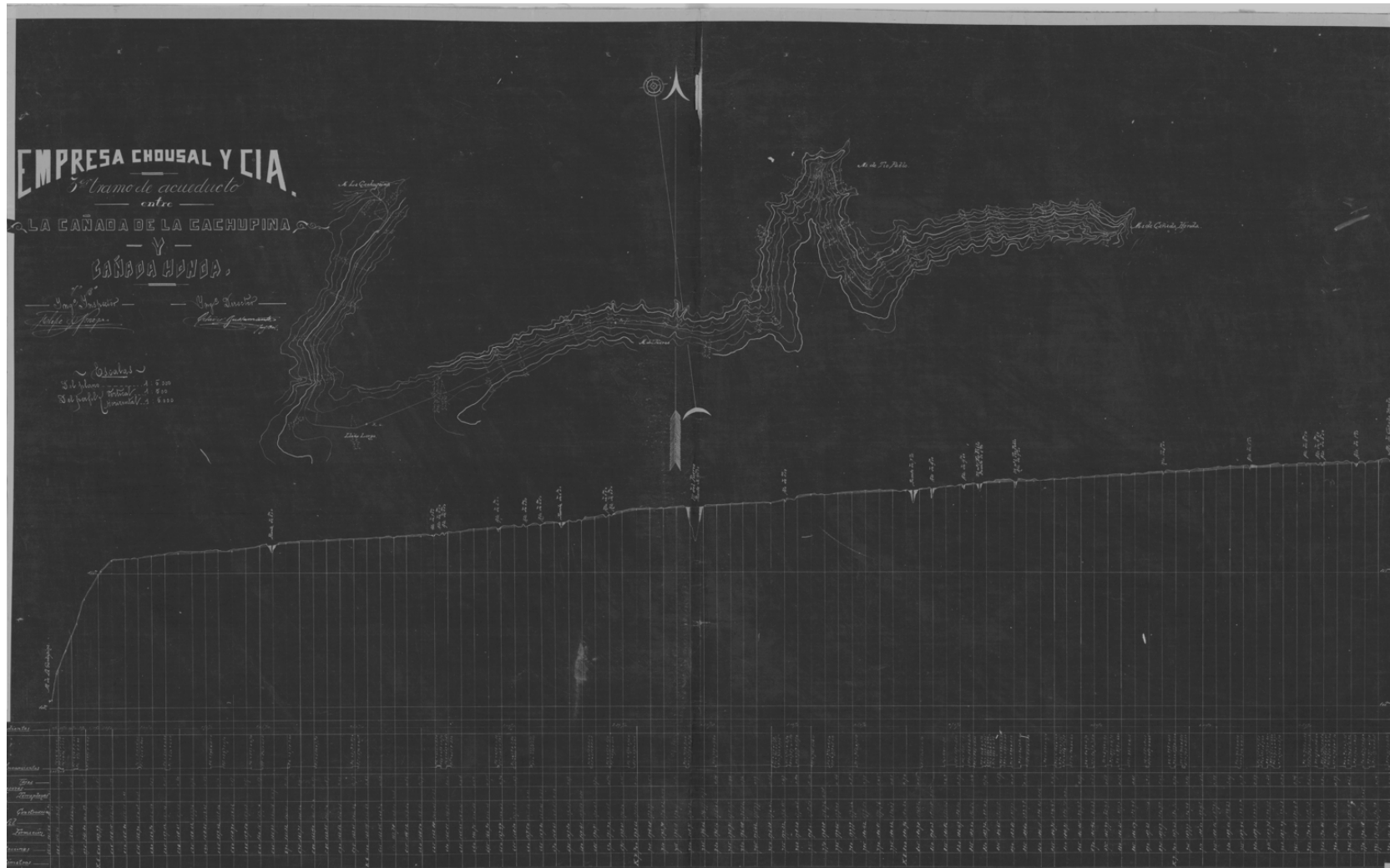


Figura 32. Perfil del 3er tramo del acueducto entre la Cañada de la Gachupina y Cañada Honda, Empresa Chousal y Cía. Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 394_OYB-725-A

Capítulo II. El Acueducto de Xochimilco

Hay que concebir el pasado en su tiempo y lugar,
desde la diferencia entre experiencia y realidad histórica,
entre vivencia y representación.

Paul Ricoeur
La memoria, la historia, el olvido, FCE, 2004

Las transformaciones del servicio de agua potable en la ciudad de México ocurridas a principios del siglo XX tienen su origen en varios factores: el crecimiento de la población, el surgimiento de nuevos usos higiénicos y el incremento en los requerimientos industriales llevaron a un aumento de la demanda en un contexto de reducción de los caudales, la causa de esta disminución puede encontrarse en el mal estado de los acueductos y de la red general de distribución, en la contaminación de los recursos acuíferos y en los problemas jurídicos en la posesión de algunos manantiales.

Varios acueductos incorporados a fines del siglo XIX, como el de Los Morales, presentaban en este momento contaminación industrial, agrícola y domiciliaria originada en las aguas del Río Hondo; en este acueducto además, el tamaño del caño no permitía incrementar el caudal de agua proporcionada a la ciudad. En el caso del acueducto de Guadalupe, que daba servicio a la villa de Guadalupe y una zona del norte de la ciudad, el contrato fue suspendido en 1897, por diferencias en el pago entre la municipalidad de Guadalupe y el Ayuntamiento de la ciudad de México y por último, el servicio que proporcionaba el acueducto de los Sres. Chausel fue suspendido por problemas legales en la posesión de las concesiones originales de los manantiales. Las dificultades en la dotación de agua se empezaron a solucionar con la incorporación de pozos artesianos y nuevos manantiales que dieron servicio a determinadas áreas de la ciudad.

La visión modernizadora del régimen de Porfirio Díaz, sumada a la influencia del positivismo y el higienismo, determinó que los servicios de infraestructura fueran revisados minuciosamente para generar una serie de proyectos que llevaron a una transformación profunda del funcionamiento del ciclo urbano del agua. El plan de intervención sobre el sistema del agua urbana, se subdividió en dos grandes proyectos, el proyecto de obras de saneamiento, a cargo

del Ing. Gayol, que fue realizado en 1891 y el proyecto de las obras de agua potable, a cargo del Ing. Marroquín, que se terminó en 1901 y cuya construcción se inició en 1905.

2.1. Demografía y salud en la ciudad de México

Si analizamos la población de la ciudad de México, vemos que hasta 1878, se produjeron varios saltos en el crecimiento, relacionados según Davies con la migración de habitantes de las áreas de guerra a la ciudad y algunos decrecimientos asociados a la expulsión de población hacia el campo de acuerdo a las vicisitudes que sufrió la población urbana durante los diferentes conflictos militares. También menciona la disminución de población del año 1813, debido a la gran epidemia de cólera. A partir de la octava década del siglo XIX, se observa un fuerte crecimiento demográfico asociado a la estabilidad del país, la mejora de la economía y el incremento de la industria y el comercio. En el siguiente cuadro aparecen los resultados de censos, conteos y estimaciones recopilados por Davis para el siglo XIX y principios del XX, aparecen más oscuros los datos que según este autor tienen mayor certeza.

Tabla 5. Población de la Ciudad de México, 1793-1910

Año	Fuente	Población
1793	Censo virreinal	130 602
1803	Alejandro Humboldt	137 000
1805	Tribunal del consulado	128 218
1811	Padrón del juzgado de policía	168 846
1813	Ayuntamiento	123 907
	M.B.	140 000
1820	Fernando Navarro y Noriega	179 830
1824	Joel R. Poinsett	150 000 – 160 000
1838	Junta menor del Instituto Nacional de Geografía y Estadística de la República Mexicana	205 430

1842	Brantz Mayer	200 000
1846	Thomas J. Farnham	200 000
1852	Juan N. Almonte	170 000
1856	Lerdo de Tejada	185 000
1857	Antonio García Cubas	200 000
	Jesús Hermosa	185 000
1862	Antonio García Cubas	200 000
	José María Pérez Hernández	210 327
1865	M.E. Guillemin Tarayre	200 000
1869	Antonio García Cubas	230 000
1870	Antonio García Cubas	225 000
	Jesús Hermosa	200 000
1874	John Lewis Geiger	200 000
1878	H.W. Bates	250 000
1880	M. Winsburgh	338 000
1882	Charles W. Zaremba	300 000
1884	Antonio García Cubas	300 000
	<i>Raymond's Vacation Excursions</i>	300 000
1895	Antonio Peñafiel	339 935
	Matías Romero	
1900	Censo nacional	344 721
1910	Censo nacional	471066

Fuente: Keith A. Davies, "Tendencias demográficas urbanas durante el siglo XIX en México", en *Historia Mexicana*, Vol. 21, No. 3 (Jan. - Mar., 1972), p. 501, COLMEX.

Los datos de mortalidad de la Ciudad de México entre 1867 y 1876, encargadas por la Junta Directiva de Drenaje y Saneamiento, muestran un aumento sostenido de las defunciones, no relacionado al aumento poblacional. Las causas más comunes son las enfermedades del aparato respiratorio y del digestivo, la más notable es la del año 1875, en el periodo de los

meses de enero y febrero, con un pico de mortalidad muy alto. En general, los meses de mayor mortalidad corresponden al invierno (diciembre a febrero / enfermedades del aparato respiratorio) y al periodo de lluvias (junio a septiembre / enfermedades del aparato digestivo). (Ver figuras 1,2,3 y 4).

En el cuadro de mortalidad en la ciudad de México en el año de 1900, se tiene que la causa más importante de defunciones en la ciudad corresponde a diarreas y enteritis, por encima de las muertes producidas por afecciones del aparato respiratorio. Los meses con más fallecimientos pertenecen al período de mayo a noviembre que corresponde al periodo de lluvias. Las enfermedades del aparato respiratorio que causaron mayores defunciones son la neumonía, la tuberculosis pulmonar y la bronquitis aguda, los meses con mayor cantidad de muertes corresponden a enero, febrero y marzo. En los dos periodos, después de estas enfermedades, en orden de mortalidad venían las enfermedades del corazón y el Tifo (ver figuras 33, 34,35 y 36).

Con los datos anteriores es posible determinar que las inversiones más importantes para el mejoramiento de la ciudad debían dirigirse al *sistema del agua urbana*, para disminuir los casos de diarrea, enteritis y tifoidea. Si bien no era claro todavía el origen de estas enfermedades, se tenía una idea de su relación con las condiciones de dotación del agua potable y las deficiencias del drenaje, ya que se menciona en las Memorias del Proyecto del Ing. Marroquín que uno de los distritos con mayores casos de enfermedades digestivas era el II, que era servido por el agua de Chapultepec, pero donde sus habitantes utilizaban con frecuencia el agua del Canal de la Viga para el uso cotidiano. En el caso del sistema de drenaje, asociado fundamentalmente al problema de las inundaciones y sus consecuencias sobre la población, era claro desde el siglo XVIII, la asociación de enfermedades con el mal funcionamiento del sistema.

Otro de los factores causante de enfermedades -mencionado por Marroquín en los cálculos de las necesidades de agua-, corresponde a las tolvaderas, por lo que se volvió central el riego de los arroyos de las calles para prevenir el levantamiento del polvo sobre todo en los meses de febrero y marzo, evitando las afectaciones al aparato respiratorio y al gastrointestinal.

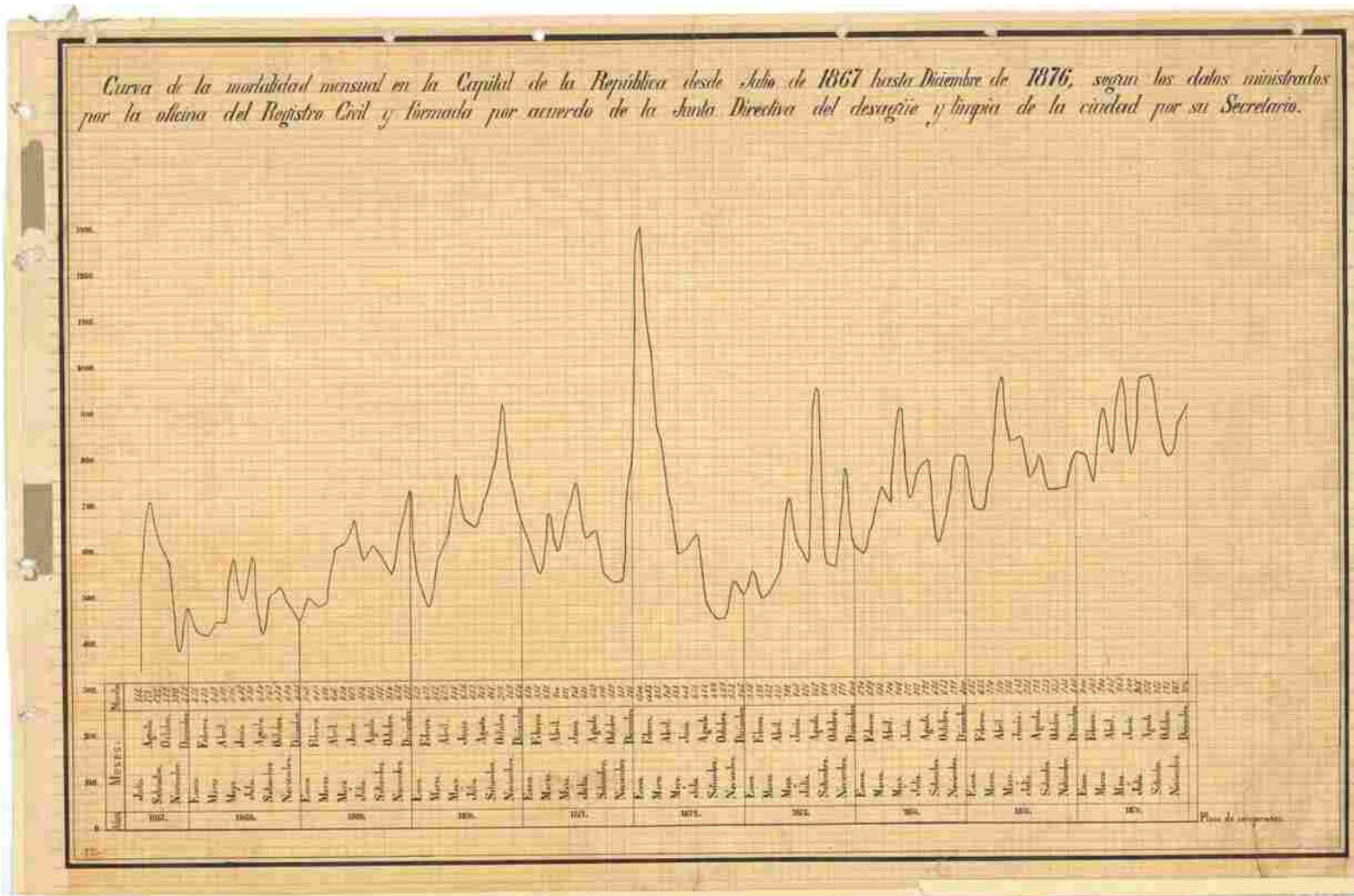


Figura 33. Curva de mortalidad mensual en la Capital de la República 1867-1876. Curva de la mortalidad mensual en la Capital de la República desde Julio de 1867 hasta Diciembre de 1876, según los datos ministrados por la oficina del Registro Civil y formada por acuerdo de la Junta Directiva del desagüe y limpia de la ciudad por su Secretario. Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 12-OYB-7216-B.

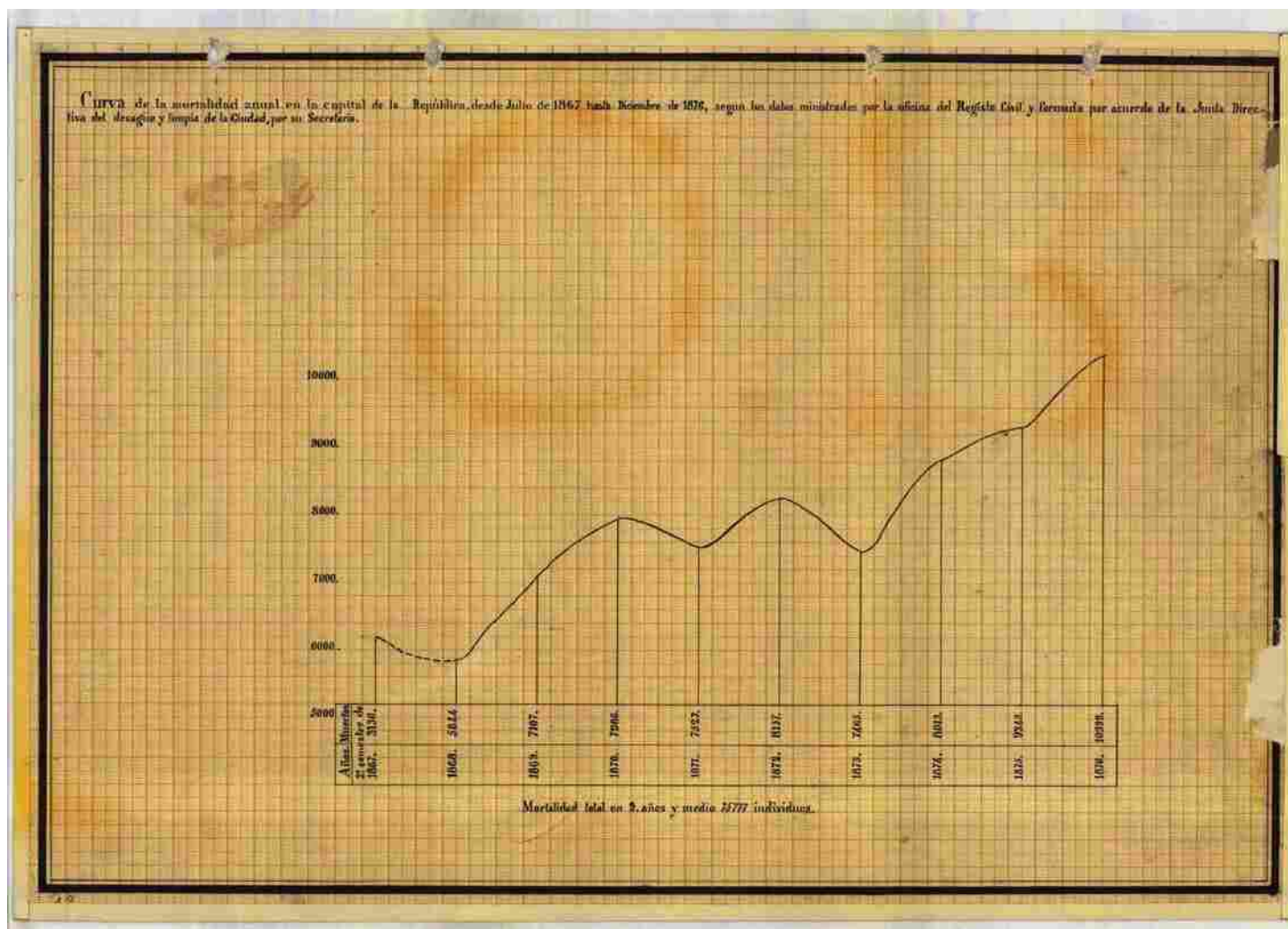


Figura 34. Curva de Mortalidad anual en la capital de la República 1867-1876. Curva de Mortalidad anual en la capital de la República desde Julio de 1867 hasta Diciembre de 1876, según los datos ministrados por la oficina del Registro Civil y formada por acuerdo de la Junta Directiva del desagüe y limpia de la Ciudad, por su Secretario. Mapoteca Orozco y Berra, Colección Orozco y Berra, Distrito Federal, 12-OYB-7216-A.

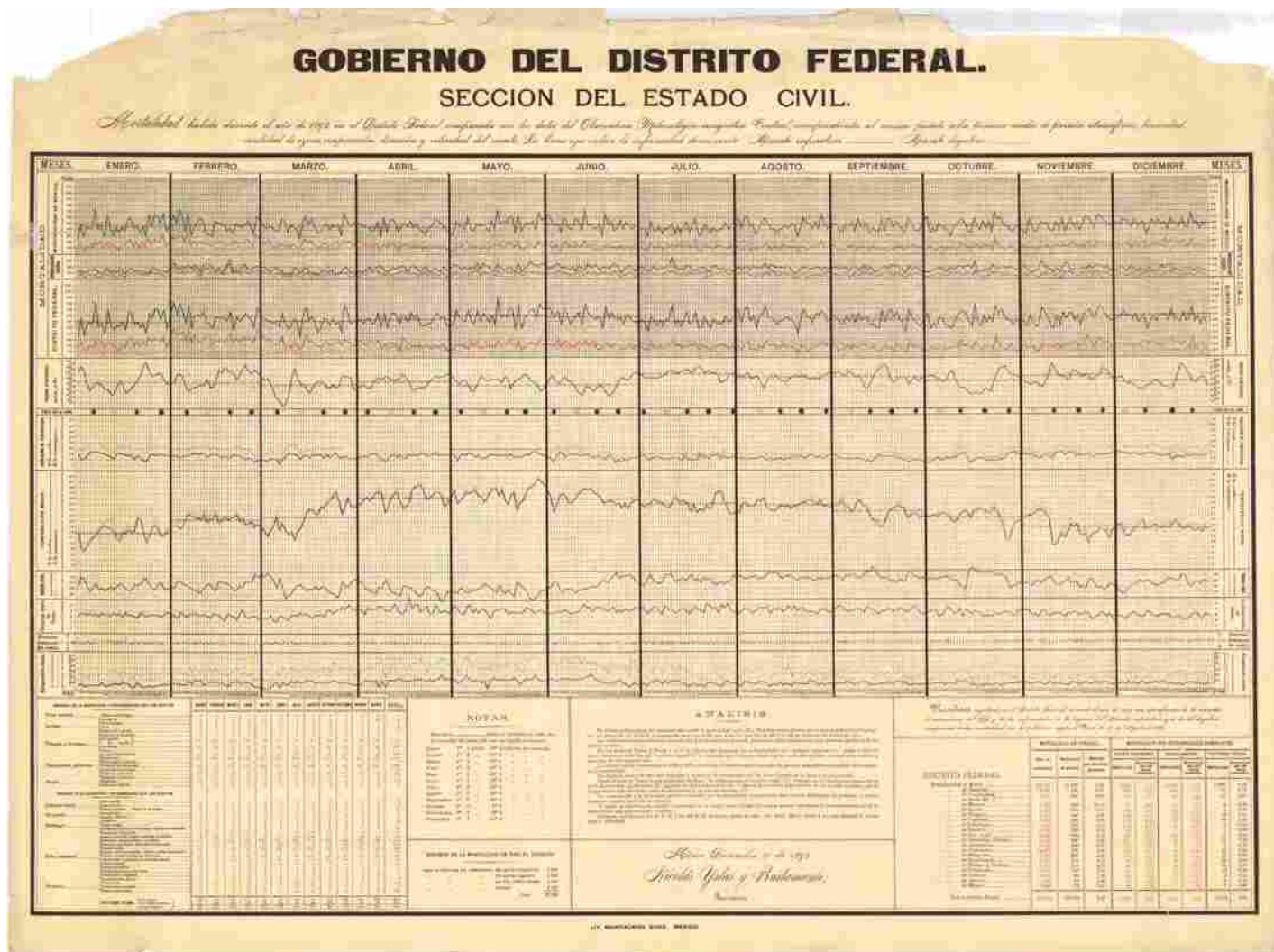


Figura 35. Mortalidad durante el año de 1892 en el Distrito Federal. Mortalidad habida durante el año de 1892 en el Distrito Federal comparada con los datos del Observatorio Meteorológico magnético Central correspondientes al mismo periodo sobre término medio de presión atmosférica, humedad, cantidad de ozono, evaporación, dirección y velocidad del viento. La línea roja indica la enfermedad dominante. Aparato Respiratorio (línea roja gruesa). Aparato digestivo (línea roja punteada). Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Distrito Federal, CGDF-V13-2-CGE-725-A.

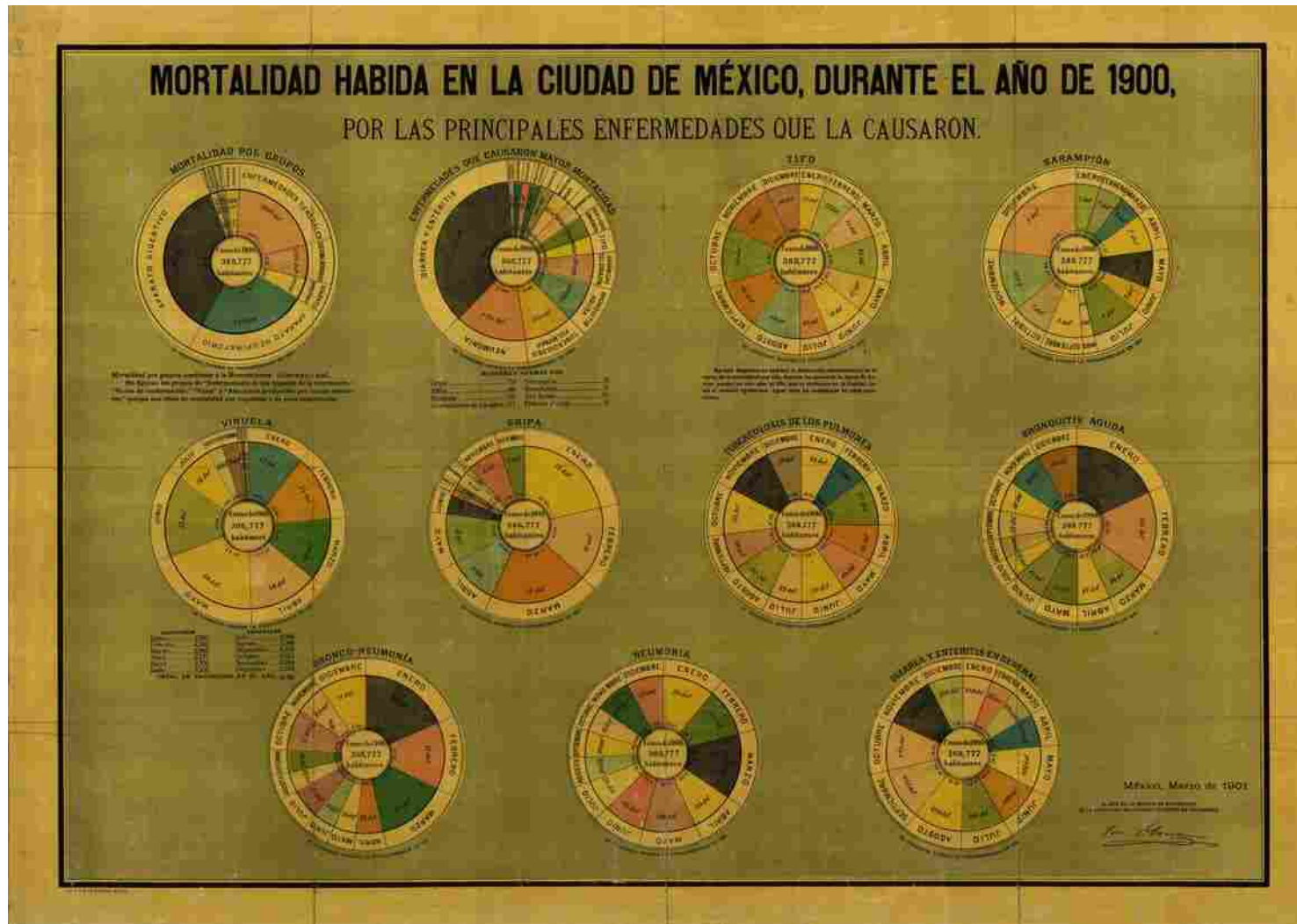


Figura 36. Mortalidad en la Ciudad de México, 1900. Mortalidad Habida en la Ciudad de México durante el año de 1900, por las principales enfermedades que la causaron. Fuente: Mapoteca Orozco y Berra, Colección Genera Distrito Federal, 7363-CGE-725-A.

2.2. La gestión del agua urbana. Seguridad jurídica y definición de su condición pública

La preocupación manifestada por las autoridades a través del periodo virreinal y en el periodo independiente, para la obtención de fuentes de agua para dar servicio a la ciudad, se manifiesta agudamente en este periodo, relacionándolo con la seguridad jurídica en el dominio de estos recursos. Esto es importante en la medida en que define la discusión que surge en este momento sobre las concesiones entregadas a particulares para el aprovechamiento del agua en el desarrollo de fuerza motriz y la propiedad nacional, municipal y local del agua en el establecimiento de diferentes usos: agrícola, urbano, industrial y generación de energía eléctrica.

En la Memoria Documentada de 1898 se marca como uno de los asuntos más importantes en el punto 16, la "...adquisición definitiva de un gran caudal de aguas potables, que si bien no hay ahora la intención de introducir á la Ciudad, es de necesidad imperiosa para la vida de los habitantes y para el progreso de la capital de la República, cuya escasez de agua es rémora para el aumento de población y causa primera de insalubridad." (Memoria Documentada: 1899: 199). En ella se proporciona una descripción de los manantiales que daban servicio a la ciudad: Xancopinca en la zona de Tlatelolco, aclarando que en ese momento no da servicio al norte de la ciudad, los manantiales del Desierto, Los Leones y Santa Fe, al sur-poniente "... de las cuales se surten dos terceras partes de la capital; quedando la parte Sur desde la Avenida 6 (la parte central) y 4, que son las calles de San Bernardo, Capuchinas y Cadena y sus prolongaciones, que se surten de las aguas de Chapultepec, al S.O. de la Ciudad". (Memoria Documentada: 1899: 199)

Señala también la entrada de las aguas de los lagos de Chalco y Xochimilco a través del Canal Nacional (por los pueblos de San Francisco, Mexicaltzingo, Iztacalco, Santa Anita), que llegaba a la ciudad a través del Canal de la Viga, para después conectarse al Canal de San Lázaro y dirigirse al Lago de Texcoco.

El Presidente y el Síndico N° 2, en la moción que presentaron y aprobó el Ayuntamiento, encarecen la importancia de las aguas para la Ciudad de México, ya para el lavado de atarjeas, ya para el consumo de la población, y consideran la necesidad de afirmar y asegurar los derechos de la Municipalidad sobre los manantiales de Chalco y Xochimilco y sobre las aguas que alimentan el Canal Nacional.

Anuncian la necesidad de un plan general sobre la cuestión de las aguas, á fin de que la capital cuente con las que sean bastantes para cubrir sus actuales necesidades y además tengan un caudal bastante para cuando aumente su población y cuando crezca su extensión superficial. (Memoria Descriptiva: 1999:199-200)

El Ayuntamiento de México utilizaba las aguas del Canal Nacional en la limpieza de las atarjeas para impedir su azolvamiento. El sistema funcionaba a través de una compuerta, que tenía la función de represar el agua y que, al ser abierta, proporcionaba un golpe de líquido que arrastraba la suciedad.

En 1895, con base en la ley de 1888, se realizó un contrato -aprobado por el Poder Legislativo-, con los Sres. Noriega para canalizar las aguas del lago de Chalco, en el cual se concedía a estos señores la mitad del caudal que produjera el lago en virtud de las obras de canalización por ellos realizadas, destinándose el resto al uso público de la ciudad. Dentro de la moción presentada se menciona que de acuerdo a la Ley de 5 de junio de 1888, las aguas son consideradas como propiedad de la Nación, y se precisa que en la antigua legislación, dichas aguas eran consideradas como públicas y de uso común, sin que se variara su condición en la época de la desamortización por la resolución del 27 de agosto de 1856. Sin embargo, aunque por el uso que se les daba y por las distintas legislaciones -la citada ley de 1888, la declaración del Ejecutivo del 11 de octubre de 1895 -donde se asienta que se podían tomar las aguas del S.E. del Valle de México para el lavado de atarjeas y otros usos públicos-, se consideró que más que un permiso de uso se necesitaba un verdadero título de propiedad, por lo que en la sesión del 25 de octubre de 1898 se aprobó la proposición que dice:

Única. Con inserción de este dictamen diríjase atenta comunicación al Ejecutivo Federal para que, si lo tiene á bien, se sirva conceder al Ayuntamiento de la Ciudad de México los manantiales de los lagos de Chalco y Xochimilco, así como de las aguas que bajan por el Canal Nacional, para emplearlas en el lavado de atarjeas, en el abasto de la población, y en general, en los usos públicos de la misma, respetando los derechos que por el contrato de 17 de octubre de 1895 se concedieron a los Sres. Remigio Noriega y hermano para utilizar en irrigaciones de los terrenos de su propiedad desecados y en abrevaderos hasta la mitad del agua que conduzcan hasta Xochimilco por medio de obras de canalización. (Memoria Descriptiva, 1889: 202)

La Secretaría contestó que estos derechos eran para uso público de las aguas, lo que impedía al Ayuntamiento hacer concesiones a particulares, quedando asentado de forma definitiva el uso público de los manantiales para las aguas de la ciudad de México.

El problema de la propiedad jurídica del agua para los diferentes usos se arrastra durante todo el periodo virreinal e independiente, los usos para riego de haciendas, usos agrícolas comunales, molinos, lavado de animales, servicio de las poblaciones, se encuentra constantemente en litigio a nivel regional por las diferentes cesiones y mercedes que se otorgaron; a esto se suman las concesiones a particulares para el aprovechamiento de la fuerza motriz a fines del siglo XIX, lo que llevó a numerosos problemas de carácter jurídico cuando los ayuntamientos buscaron aprovechar esas fuentes de agua; los concesionarios privados iniciaban juicios para obtener indemnizaciones por la utilización de estos recursos o directamente ofrecían a los ayuntamientos el uso del agua a través de contratos onerosos sobre recursos de los cuales no eran propietarios, ya que sólo tenían concesiones con una duración máxima de cincuenta años.

2.3. La incorporación de manantiales y fuentes para el abasto de la ciudad de México, las visiones de la expansión futura. Antecedentes, estudios y proyectos alternativos.

El sistema de provisión de aguas contaba con un sistema mayor de acueductos y una red de tuberías que daban servicio domiciliario, además de una cantidad considerable de pozos, sin embargo, las cisternas y los pozos superficiales fueron seriamente cuestionados por los ingenieros de la época por lo que se consideraba una práctica de higiene dudosa: la conservación del agua almacenada en los depósitos por largos periodos y la falta de condiciones en la construcción de las fosas sépticas, que contaminaban los mantos freáticos y las cisternas, existiendo además una gran dificultad para el control sanitario de los pozos de particulares.

Los ríos y otros cursos de agua, que también eran utilizados para el consumo humano se fueron contaminando, lo que se fue agravando con las descargas de los establecimientos industriales, sobre todo en la zona norponiente y sur-poniente de la ciudad, donde se establecieron muchas de las industrias en el periodo porfirista, localización que responde a las necesidades de agua y energía eléctrica que eran cubiertas a través de una multitud de ríos, arroyos y manantiales

localizados en las Sierras. El uso de maquinaria, automóviles y otros medios de transporte, contaminó las aguas de lluvia superficiales que escurrían a los canales con gasolinas y aceites. Por esto, el precario equilibrio obtenido con el uso de canales²² y arroyos para el consumo de agua se fue deteriorando aceleradamente.

En la ciudad de México siempre hubo protestas por la falta de agua y su mala calidad, pero a fines del siglo XIX se llegó a un punto de no retorno, la ciudad necesitaba, para seguir creciendo y cumplir con los requerimientos de una “urbe moderna”, una transformación completa de su sistema de infraestructuras. Esta necesidad coincide con un momento de difusión y expansión del conocimiento tecnológico que permitió la introducción de nuevas formas de distribución del agua. Es importante remarcar en este punto que el proceso de modernización de infraestructuras no está ligado a las obras del Centenario desde el punto de vista reductivo de “mostrar” una ciudad europeizada y moderna en los festejos, sino a una condición ineludible del desarrollo económico y social de la ciudad.

En 1900, El Ayuntamiento presidido por Guillermo de Landa y Escandón, comisionó al Ing. Don Manuel Marroquín y Rivera, a moción del Regidor del Ramo de Aguas, Ing. Don Guillermo Montiel Estrada, para hacer un estudio de las obras que sería preciso construir con el fin de dotar a la ciudad de México de una nueva provisión de aguas que viniera a satisfacer las exigencias de una ciudad moderna. A partir de esta comisión, se conformó un equipo de ingenieros franco-mexicanos bajo la dirección del Ing. Marroquín que desarrollaron el proyecto. El objetivo principal de este contrato fue estudiar los manantiales de la Sierra de las Cruces y los que se encontraban en la cuenca del Valle de México.

El proyecto del Acueducto de Xochimilco se realizó en 1901 y su construcción en 1905, prolongándose hasta 1912. Posteriormente a esta fecha se hicieron ampliaciones y reparaciones de la red, aunque la mayor parte del acueducto se encontraba terminada.

De los datos del proyecto se desprende que las aguas que llegaban a través de los acueductos de Chapultepec y de Santa Fe y Desierto de Los Leones se encontraban contaminadas, presentando materia orgánica y bacterias (750 bacterias por cm³, 1892, Ingenieros Ramírez y Toussaint.). En 1894 se estableció una clasificación, que consideró para el agua gorda de

²² Algunos de ellos presentaban problemas higiénicos desde mucho tiempo antes, como el Canal de la Viga, ya que una parte importante de las curtiembres se localizaron a su alrededor durante el periodo

Chapultepec una calidad mediana en su pureza, misma clasificación que se otorgó a las aguas de Santa Fe y el Desierto de los Leones, aunque ésta última tenía más impurezas adquiridas en el recorrido. El agua del Río Hondo fue considerada como impura. Para 1890 el análisis de los pozos artesianos dio como resultado una clasificación de calidad del agua, considerando que los cuarteles 7 y 8 eran los que mejor calidad tenían (informe del Director de Aguas al Regidor del Ramo, 1890, en Marroquín.1901:110).

No se especifica el tipo de bacteria encontrada, sin embargo, de acuerdo a las estadísticas, en la Ciudad de México se contabilizaban entre 15 y 20 casos de fiebres tifoideas por año (datos del Consejo Superior de Salubridad), lo que se considera un número relativamente bajo, ya que en estas mismas fechas si se comparan estos datos con los de otras ciudades, tenemos por ejemplo 4 ó 5 casos por 100,000 habitantes en la ciudad de México y 142 casos por cada 100,000 habitantes en San Petersburgo (Marroquín.1901:112). Sin embargo, bajo el nombre genérico de enfermedades del aparato digestivo la mortalidad podía elevarse a 1.5% de la población, lo que para ese momento da una cifra de unas 5,000 defunciones anuales, de las cuales se considera que unas 3,000 se encontraban directamente relacionadas con problemas de agua potable. Marroquín relaciona una mayor cantidad de defunciones con los cuarteles que se surtían del agua de Santa Fe y Desierto, sobre todo en el periodo de lluvias, donde las aguas del acueducto arrastraban una mayor cantidad de lodos y materia orgánica. También destaca una mayor incidencia en el cuartel 2, que se servía de las aguas de Chapultepec atribuyéndolo a la falta de tomas individuales y al hecho de que muchas viviendas se surtían directamente del Canal de la Viga. Los Cuarteles menos afectados eran el 4 y el 6:

Las malas condiciones del cuartel número 2 se revelan en este cuadro, y explican bastante que la proporción de mortalidad por enfermedades del aparato digestivo sea fuerte, a pesar de tener agua gorda. Por otra parte en la tabla de distribución de aguas se hizo ver que el número de tomas de agua que hay en ese cuartel es muy pequeño. Según entiendo, las entubaciones de las aguas potables no llegan sino hasta la calle Sur 17, y que muchas de las casas más pobres de este cuartel se surten del agua del canal de la Viga, o de pozos en muy malas condiciones. (Marroquín:1901:116).

virreinal, además de que se tiraban al canal los restos de frutas y verduras.

Tabla 6. Mostrando las cantidades de agua gorda y delgada que se distribuyeron á los 8 cuarteles de la Ciudad, el número de casas de cada cuartel y el número de pozos artesianos.

CUARTELES	No. de casas en cada cuartel	Tomas de agua delgada	Tomas de agua gorda	Tanto por ciento de tomas respecto al numero de casas	Numero de pozos artesianos	Agua delgada por habitante	Agua gorda por habitante
Numero....1	396	510	.....	54	140	60	...
Número....2	1907	334	643	51	168	24	80
Número....3	1498	1726	.....	114	94	129	.....
Número....4	1609	234	1004	76	43	231	175
Número....5	1272	510	.....	40	119	59	.....
Número....6	998	227	632	86	73	32	156
Número....7	935	170	.....	18	253	43	.....
Número....8	453	130	122	.....	131	48	78

Fuente: Marroquín, Proyecto de Abastecimiento de Aguas Potables, 1901: 11

En este momento no existía una seguridad absoluta de que tipo de contaminaciones eran el origen de las enfermedades gastrointestinales, Marroquín establece como hipótesis la necesidad de contar con agua libre de impurezas para el mejoramiento de la calidad del agua potable en todos los cuarteles. Se refuerza también la necesidad de disminuir la incidencia que tenían las áreas pantanosas en estas enfermedades. La constitución natural de los lagos, poco profundos, y la no potabilidad de las aguas por la cantidad de materia orgánica que contenían, determinaron uno de los problemas mayores del saneamiento de la Ciudad de México, ya que la formación de ciénagas constituía una de las causas principales de enfermedades del aparato digestivo, aunado a las tolveneras que se generaban en zonas pantanosas durante el estiaje.

Tabla 7. Mostrando el número de pozos artesianos con que cuenta actualmente la Ciudad de México				
Cuarteles	Numero de casas	Promedio de habitantes por cada casa ²³	Numero de pozos artesianos	Numero de habitantes que se sirven de pozos artesianos
I	936	44.09	144	6,349
II	1,907	35.24	163	5,744
III	1,498	43.82	106	4,645
IV	1,609	29.92	45	1,346
V	1,272	32.84	133	4,367
VI	998	34.32	75	2,574
VII	935	19.59	268	5,250
VIII	453	19.76	136	2,687
Totales	9,608		1,070	32,962

Fuente: Marroquín. 1901: 118. (Marroquín utiliza indistintamente la numeración romana y arábica para los cuarteles de la ciudad)

El problema de las inundaciones y esta característica pantanosa de los cuerpos de agua que rodeaban a la ciudad, son las razones más importantes por las que antes de iniciar los trabajos del Acueducto y bajo la dirección del Ing. Gayol se emprendieran las obras de saneamiento. Estas consistieron en la construcción de una gran infraestructura de desagüe y en las obras de

²³ En el original dice casa. Puede suponerse que se refiere a lote, pero el texto no especifica.

desecamiento de los restos de los antiguos lagos, con la intención de conservar una superficie de aguas mas profunda y reducida, con esto se lograba también ampliar el área dedicada a la agricultura.

Es ésta una de las diferencias más importantes con otras ciudades, en México y en el resto del mundo, que por esta misma época iniciaron también un proceso de modernización de sus infraestructuras: en la mayoría de ellas, primero se construyó el sistema de abasto de aguas y posteriormente se realizaron las obras de saneamiento y drenaje, esto se debe a que desde fines del siglo XIX se empezó a considerar los dos sistemas como uno sólo, que cubría todo el ciclo del agua urbana.

Para el drenaje es necesario realizar todos los cálculos de requerimientos de agua potable para determinar la capacidad de desalojo de aguas negras y a eso sumarle los cálculos del desalojo de agua de lluvias, ya sea en un solo sistema de drenaje o en un sistema de desalojo diferenciado. En el proyecto desarrollado por el Ing. Gayol, se determinaron los flujos de aguas negras de acuerdo a las proyecciones de población y a la cantidad de litros diarios por habitante que serían necesarios en una ciudad moderna, tomando como ejemplos ciudades de Estados Unidos.

2.3.1. Análisis de las propuestas para la utilización de diferentes manantiales y ríos para surtir a la ciudad de México. Aguas del Río Hondo

Se analizaron la mayoría de los manantiales cercanos al Valle de México y aquellos incluidos en el Valle de Toluca, con los más viables se realizó un anteproyecto conocido como Proyecto de Acueducto de la Sierra de las Cruces, proyecto que el ayuntamiento de México consideró como el más viable hasta el descubrimiento apoyado por el Ing. Marroquín y Rivera de los grandes depósitos subterráneos de los manantiales del sur.

Uno de los ríos que se estudio en primer lugar fue el río Hondo, integrado a partir de las aguas de numerosos manantiales, algunos de ellos localizados dentro de la cuenca hidrográfica del Valle de México y otros situados en la parte alta del Valle de Toluca.

En este último se localizaban los manantiales de los Molinos, que corresponden a los Molinos Blanco y Prieto y los de la Hacienda de la Ascensión. En el Valle de México se encontraban los manantiales situados en las cuencas de los ríos Huixquilucan, San Francisco, Arametzá, Borracho y Chimalpita, afluentes del río. En la tabla siguiente se observan las mediciones realizadas por Marroquín en 1901:

Tabla 8. Aforos de las aguas de la taza repartidora del Río Hondo

Cuencas	Manantiales	Litros/seg.	Fecha de aforo
Valle de Toluca	Los Molinos	132	Enero 4
	Ascensión	20	Enero 4
Río Huixquilucan	Manantiales situados entre la Cima y el pueblo del Rincón	8	Marzo 8
	Manantiales entre el Rincón y la confluencia del río Arametzá	25	Marzo 9
	Manantiales entre la confluencia de del Arametzá y la Piedra Larga	28	Marzo 12
Río Arametzá	Manantiales del río Arametzá	6	Marzo 11
Río de San Francisco	Manantiales pertenecientes al río San Francisco, en el Valle de San Francisquito	68	Febr. 2
	Manantiales pertenecientes al río Santa Cruz o San Francisco el Viejo	41	Febr. 2
	Manantiales del río San Francisco, en la Cañada del Obraje	60	Marzo 13
Río Borracho y de Chimalpita	Manantiales de las cuencas de los ríos Borracho y Chimalpita	62	Marzo 11
	Total	450	

Fuente: Marroquín, Memorial del Proyecto, 1901,p. 97

Estos datos presentaron fuertes variaciones de acuerdo al momento del año en el que se aforaron las aguas, disminuyendo notablemente en los meses de secas. Estas variaciones afectaban también a todos los manantiales de la Sierra de las Cruces, su origen según Marroquín, era la infiltración insuficiente de agua en los montes altos de la Sierra debido a la enorme tala de árboles que se llevaba a cabo en estas áreas.

La tala afectaba según Marroquín, a los manantiales situados en las cuencas de los ríos de Huixquilucan, de San Francisco, de Santa Cruz, de Chimalpita y Borracho, y algo menos en los montes de Atlapulco alimentadores principales de los manantiales situados en el Valle de Toluca. Este fenómeno se presentaba también, de forma muy acusada en el manantial de Los Leones, Marroquín observa que los montes que más se habían destruido eran los que correspondían a esta cuenca.

Los montes del Desierto, contiguos a la cuenca de Los Leones, no presentaban este grado de deforestación, por eso las aguas del Desierto presentaban un funcionamiento más constante. Otro de los problemas derivados de la tala inmoderada era el deslave de tierras por el arrastre de las aguas en la época de lluvias, lo que aumentaba la contaminación de aguas de los arroyos y manantiales con tierra y materia orgánica.

Entre los usos del agua de estos ríos que Marroquín define como más nocivos para la calidad del agua, esta el del lavado de ropa, personas y animales, por lo que considera muy peligroso "...para la salubridad en admitirla dentro de las cañerías de la ciudad, si antes no se filtra, o si no se emprenden las obras necesarias para que pueda tomarse de los mismos manantiales y conducirla en acueducto cerrado hasta el receptáculo de distribución." (Marroquín:1901:101)

Este concepto para garantizar la pureza del agua desde el origen es muy importante en las propuestas de Marroquín y definirá a partir de este momento la manera en que se construirán los acueductos de México hasta el Sistema Lerma, tomando el agua desde el origen para evitar la contaminación por usos domésticos e industriales del agua. En otras ciudades, como Buenos Aires, Boston, Filadelfia y Nueva York, se incorporaron sistemas de filtrado y sedimentación para posteriormente pasar al tratamiento de potabilización.

La primera consideración expresada por Marroquín para rechazar el proyecto del acueducto de las aguas de las Cruces, fue que si bien por su altura, las aguas tendrían la presión requerida para el sistema y no habría necesidad de colocar bombas, el proyecto saldría mucho más caro

que tomar las aguas de los manantiales del sur, por la complejidad de su construcción: los manantiales de la Sierra de las Cruces están esparcidos y los arroyos se van engrosando a medida que avanzan en su recorrido por la afluencia de pequeños escurrideros, esto da como resultado la construcción de muchos canales para recolectar las aguas y si a estos canales se unen las aguas del Valle de Toluca, había que resolver el trasvase a través de la sierra.

Uno de los requerimientos en la edificación de los acueductos era aprovechar las caídas de agua para la generación de electricidad, Marroquín alegaba que cada metro que disminuyera su altura en su aproximación al nivel de la ciudad, representaría una cierta pérdida de valor de la fuerza producida, sin embargo, en el siguiente capítulo veremos como con el agua proveniente de las lagunas del Lerma se pudo aprovechar este diferencial de altura para generar fuerza motriz.

La segunda consideración que da Marroquín se refiere a la presión con que llegarían dichas aguas y que al ser una presión bastante alta, generaría un aumento en las pérdidas y filtraciones del sistema.

La tercera consideración se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades de la población considerada, ya que los aforos obtenidos indicaban que sería necesario un suplemento de aguas que debería forzosamente tomarse de los manantiales bajos del sur del Valle.

El Consejo de Salubridad realizó a través del sr. J.D. Morales, análisis bacteriológicos del agua del río Hondo en junio de 1896, el resultado obtenido fue de 10,000 bacterias por cm³ en la zona arriba de la presa de Río Hondo y de 30,000 a 70,000 bacterias en otras cinco muestras recogidas debajo de ese punto, en el antiguo caño de la Hacienda de los Morales.

Estos resultados tiene su origen en la gran cantidad de materia orgánica que arrastraban estos cursos de agua. Los análisis bacteriológicos sobre las aguas del Desierto arrojaron resultados mucho mejores, realizados por los Dres. Ramírez y Toussaint en el año 1892, en octubre y noviembre encontraron 750 bacterias por cm³. La clasificación de las aguas se realizó de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 9. Clasificación de las aguas

Grado de Pureza	Bacterias por cm³
Excesivamente puro	0 a 10
Muy pura	10 a 100
Pura	100 a 1,000
Mediana	1,000 a 10,000
Impura	10,000 a 100,000
Muy Impura	más de 100,000

Fuente: Marroquín, Memorias del Proyecto de Aprovechamiento de Aguas Potables, 1901, p.105

De acuerdo a esta clasificación las aguas de la ciudad quedaron determinadas como:

1. Agua gorda: Mediana
2. Agua delgada: Mediana
3. Agua del Río Hondo: Impura

A partir de estos estudios se consideró no satisfactoria la utilización del río Hondo como recurso de agua para el abastecimiento de la ciudad, ya que si era necesario añadir diversos sistemas de filtrado y potabilización era mejor buscar otras fuentes.

2.3.2. Aguas de Jajalpa

Se analizaron las aguas de la Hacienda de Jajalpa, ya que se juzgó factible unir las a las aguas que llegaban en ese momento a la ciudad de México, provenientes del valle de Toluca.

Las aguas se consideraron notables por su pureza, y al ser medidas dieron un volumen de 75 litros por segundo. La forma de llevarlas a la ciudad de México consistía en llevarlas a la cima de Salazar, a través de un proceso de bombeo, a una altura de 59 metros, donde se unirían al

acueducto que llevaba las aguas de la Ascensión y de los Molinos, derivando hacia el río Hondo.

Los inconvenientes de este proyecto eran: la construcción de un acueducto que canalizara aguas hasta un punto cercano a la sierra de las Cruces, donde a través de una planta de bombas eléctricas que requerirían 74 caballos de fuerza efectiva, subirlas hasta el acueducto proveniente de la Ascensión, la necesidad de este bombeo se impuso por economía, ya que atravesar el contrafuerte de la Sierra de las Cruces implicaba la creación de un túnel de 2 kilómetros de largo, y se consideró que el costo del bombeo sería menor al de la perforación requerida. Constarían de un acueducto general de 970 metros, la planta de bombeo, y un tubo de 546 metros de largo. Se proyectaba tomar el agua en el antiguo puente existente en la carretera a Toluca. Se debería pensar también, aunque en ese momento no había viviendas cercanas, que podría colocarse una cerca a lo largo del río Salazar para impedir que hombres y animales contaminaran las aguas del río.

Según el proyecto formulado, se podría crear una fuerte caída de aguas aprovechando las aguas del Desierto, de los Leones y la mayor parte de las aguas de la cañada del Agua Azul generándose hasta 180 caballos de fuerza, que bajarían el costo del bombeo anterior.

2.3.3. Aguas de las cañadas de Potreros y Garabato

Las aguas de estas dos cañadas fueron consideradas también muy puras, las de Garabato con 75 bacterias por cm cúbico y las de Potreros con 55 bacterias por centímetro cúbico, con baja cantidad de residuos fijos.

Los aforos dieron los siguientes resultados:

Agua de Potreros	Rama Principal del río del Muerto	98 lts/seg
	Rama menor del río del Muerto	21 lts/seg
Agua de Garabato		18 lts/seg
Total		137 lts/seg

Se proyectó un acueducto de recolección , cuyo principio estaba localizado en la cota 728 (de la nivelación de la ciudad), con una longitud de 3,700 metros, que pasaría faldeando la Cañada de Potreros, después cortaría la loma de Atlapulco y continuaría por la Cañada del Garabato hasta encontrar el arroyo que corre por su fondo. En este punto se proyectaba establecer una instalación de bombas que elevara el agua a la cota 832.25 m, a través de un tubo de 633 metros, al final se construiría un acueducto que siguiera la Cañada de Raymundo y a través de un túnel debajo de la Mesa del Capulín, se uniría al acueducto de la Ascensión. La potencia necesaria de las bombas de este acueducto era de 250 caballos de fuerza efectivos, para lo cual se podía aprovechar la producción de una caída proyectada en el Cerro de San Martín.

Entre las ventajas del aprovechamiento de esta agua, así como de las de Jajalpa, se encontraban las caídas de agua que se podían producir con el descenso de las aguas hacia la ciudad de México y el hecho de que estos manantiales se tenían su origen en la infiltración de agua de lluvia en una extensa zona situada en las cuencas cercanas a las que alimentan los manantiales de Los Molinos que pertenecían ya en ese momento al Ayuntamiento de México y se consideraba relativamente fácil adquirir los montes donde nacen estas aguas, pertenecientes al pueblo de Atlapulco, y con ello ejercer la vigilancia para su conservación y repoblamiento forestal, para aumentar el rendimiento de los manantiales. Con la adquisición de las aguas de Jajalpa, Potreros y Garabato, la ciudad tendría una provisión de 262 litros por segundo y una energía disponible de 1,500 caballos de fuerza.

2.3.4. Manantial de Ameyalco, Mimiapan y Jilotzingo

El manantial de Ameyalco se encuentra localizado en el pueblo del mismo nombre, su gasto medido al mes de diciembre de 1900 fue de 200 litros por segundo, pero su situación fue considerada muy desfavorable, pues era necesario bombear el agua a 400 metros de altura para poderla pasar hacia el Valle de México y con esa altura, el costo de bombeo hubiese sido altísimo ya que se requerían 1300 caballos de fuerza efectiva. En el descenso del agua se podrían obtener hasta 1100 caballos de fuerza, lo que daba como resultado 200 caballos de déficit, esto sumado a los costos de la construcción de los acueductos y de las instalaciones eléctricas hicieron que esta opción fuera completamente descartada.

Se estudiaron también los manantiales de Mimiapan y Jilotzingo, determinándose que presentaban condiciones semejantes al de Ameyalco, con el agravado de pertenecer las tierras a numerosos propietarios, en conjunto estos dos manantiales proporcionarían 170 litros por segundo, haciendo inviable su construcción en este momento.

2.3.5. Cuencas de los ríos de la Magdalena y Tlalnepantla

Las otras dos cuencas estudiadas para la dotación de agua potable fueron la del río de la Magdalena y el Tlalnepantla.

En el primer caso, fue descartada por tener numerosas servidumbres constituidas para el uso y el aprovechamiento del agua para la agricultura, la industria y la dotación de algunas poblaciones. El volumen aforado de esta cuenca era pequeño, 30 metros cúbicos por segundo y las obras requeridas para obtener el agua de los manantiales en condiciones de pureza fueron consideradas extremadamente costosas.

La cuenca del río Tlalnepantla fue estudiada y aforada, dando un total de 450 litros por segundo. En este caso era necesario realizar una línea de acueducto entre Madín y el pueblo de San Esteban, para esto era necesario perforar dos túneles : uno de más de dos kilómetros de largo para pasar de la cuenca del río Tlalnepantla a la del río San Mateo y otro de un kilómetro aproximadamente para atravesar el contrafuerte del Santuario de los Remedios.

Si se decidiese construir el sistema de túneles, estos llegarían a la Loma con una cota de 46 metros, por lo que habría que bombear el agua a 12 metros de altura para llegar a los 58 metros, nivel del receptáculo. La propuesta era realizar una zanja descubierta y si fuera posible modificar el trazo del acueducto alargándolo 3 ò 4 kilómetros, para llegar a Dolores a una cota de 51 metros, con lo que solamente sería necesario subir el agua 7 metros. Marroquín consideró que era posible realizar otros trazos del acueducto que permitieran evitar los túneles para llevar las aguas a la Loma de Dolores, pero no fueron considerados en el estudio.

El proyecto fue estimado como muy costoso para el volumen de agua que proporcionaría a la ciudad, 18 metros cúbicos por minuto, por lo que sería necesario buscar otras fuentes suplementarias para el abasto. Los costos de obtener el agua del río Tlalnepantla desde su nacimiento serían muy grandes, y los acueductos muy largos.

Por otro lado, dadas las condiciones de uso del agua por la Compañía San Ildefonso para producir energía eléctrica y la facilidad con que podían ser contaminadas las aguas en el trayecto para el baño de personas y limpieza de ropa en los pueblos de la Sierra, "... sería absolutamente necesario emplear filtración para poder distribuir esta agua, y creo que no debe recurrirse a este expediente, mientras se puedan encontrar aguas puras de manantial que estén en mejores condiciones que éstas." (Marroquín: 1901: 134). Reforzando su opinión original de que era mucho mejor proporcionar agua pura desde el origen de los manantiales antes que filtrarla y purificarla, de todas formas recomienda que en caso de utilizarse esta agua sería recomendable no utilizar el sistema de filtros de arena de filtración lenta, sino recurrir a los "nuevos" sistemas utilizados en Estados Unidos que hacían uso de químicos para precipitar los sedimentos; esto implicaría "...un gasto permanente de explotación y el plan sería poco económico relativamente al provecho obtenido. Por todos estos motivos no creo que conviniera á la ciudad adquirir el agua del río Tlalnepantla"(Marroquín:1901:135)

Las mismas consideraciones hace Marroquín sobre las cuencas situadas al norte de la de Tlalnepantla, ya que sus manantiales se encontraban distribuidos por toda la Sierra y requerirían una gran cantidad de acueductos secundarios para recolectarlas desde el origen.

2.3.6. El Proyecto de las Aguas del Río Lerma

Marroquín estudió la propuesta presentado por William Mackenzie al Ayuntamiento de México para la utilización de las aguas del río Lerma, la propuesta es en realidad un contrato de oferta de arrendamiento de las aguas de los manantiales de Almoloya al Ayuntamiento de México, basado en la concesión que de dichas aguas le había hecho el Gobierno del Estado de México al Sr. Mackenzie. Marroquín realizó un estudio físico del área y determinó los posibles trazos para establecer la factibilidad de la dotación.

El contrato que presentó Mackenzie al Ayuntamiento sobre el arrendamiento de 2,000 litros por segundo durante 50 años - tomando esta cantidad de los manantiales de Almoloya del Río, fuente del río Lerma-; ponía un precio de un centavo y un quinto por cada metro cúbico, lo que daría un total de \$630,720 anuales. Posteriormente, presentó otra proposición, donde ofrecía un precio inferior al que pudiera ofrecer cualquier otra compañía.

Marroquín expresa dos grandes reparos a este proyecto, el primero es el legal, ya que el Sr. William Mackenzie tenía arrendadas por parte del Estado de México, las aguas de Almoloya por cincuenta años. En su concepto, estas aguas aunque nacen en el pueblo de Almoloya, no le pertenecen al pueblo ni al Estado de México, ya que tuvieron desde tiempo inmemorial servidumbres puesto que dichos manantiales alimentan al río Lerma y en tiempo de secas las aguas del río eran utilizadas para el riego de muchas haciendas situadas en los Estados de México, Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Estas haciendas poseían títulos de derechos desde la época virreinal, con lo cual, debería de indemnizarse a los diferentes propietarios. Además el río Lerma había sido declarado de jurisdicción federal y el permiso del Sr. Mackenzie era una concesión estatal.

Desde el punto de vista legal, el otro inconveniente que se preveía era que el contrato era de arrendamiento de aguas y por lo tanto no confería propiedad alguna sobre éstas, por lo que después del vencimiento del arriendo, la ciudad quedaba desprotegida por no ser propietaria de los manantiales.

Por otro lado, la propuesta dejaba en manos del Sr. Mackenzie el manejo de las plantas para la explotación hidroeléctrica, la administración y reparaciones, quedando la ciudad subordinada a una compañía privada. Para Marroquín, Mackenzie daba a entender que él se haría cargo de las obras de construcción del acueducto.

La experiencia que de este tipo de convenios se tenía en los Estados Unidos no era buena, ya que Marroquín afirma que aunque se hubieran construido muchos sistemas de distribución de aguas a través de compañías privadas, la tendencia en casi todas las poblaciones era a comprar esos derechos y volverse propietarias de sus instalaciones: "Una de las cosas más significativas concernientes a la propiedad, es la fuerte tendencia al manejo y administración públicas que existen en las grandes ciudades...En su conjunto, cerca de doscientas ciudades y pueblos han cambiado de propiedad privada a pública, y solamente la décima parte de este número de la propiedad pública a la privada." (Manual de Obras Hidráulicas Americanas: 1897: página K de la introducción).

Esto entra dentro de una discusión de carácter internacional, ya que en muchos países la distribución del agua pasó a manos privadas a partir de la segunda mitad del siglo XIX, por ejemplo en Buenos Aires, la distribución del agua se privatizó hacia 1869 y volvió a ser pública

en 1880 con la creación de la primera empresa pública de agua, Obras Sanitarias de la Nación (OSN).

Para incorporar el aprovechamiento de estos manantiales era necesario esperar el vencimiento de la concesión realizada por el Gobierno del Estado de México o declarar su nulidad para poder ser contempladas en cualquier otro proyecto. Sin embargo, dado que llevar las aguas de esta zona a la ciudad de México era una idea que se tenía de años atrás y que muchas personas consideraban que era practicable, Marroquín analizó las condiciones en que sería posible realizarlo:

Los manantiales se encuentran a 400 metros arriba de la ciudad de México, por lo que sería posible la explotación de la fuerza motriz de esta caída, sin embargo, entre Almoloya y la ciudad de México se interpone la parte más alta de la Sierra de las Cruces, con lo cual para llevar el agua a México, Marroquín veía solamente dos alternativas: abrir un gran túnel que atravesara la Sierra o establecer un doble sistema de bombeo que permitiera tomar las aguas en la parte baja del Valle de Toluca y llevarlas hasta la cresta que forma la divisoria entre los dos valles.

La depresión más grande en la cresta, corresponde al paso de la línea del Ferrocarril Nacional en su punto más alto, conocida como "La Cima", la cota de este paso es de 828 metros arriba de la ciudad, con lo cual era necesario bombear el agua a 400 metros de altura. La solución del túnel requería la perforación de un túnel de 25 kilómetros de longitud y aunque consideró factible su realización en aquel momento, pensó que sería muy costosa y de lenta ejecución.

Para la propuesta de bombeo, Marroquín realizó los cálculos necesarios para subir 2,000 litros por segundo 400 metros de altura, lo que lo lleva a determinar que se requieren 20,000 caballos de fuerza para tener una potencia de 13,000 caballos de fuerza efectivos para subir esta cantidad de agua. En la caída posterior podrían recuperarse 18,293 caballos de fuerza, existiendo una diferencia de 2,000 caballos aproximadamente.

El estudio considera que es posible sumar a esta caída las aguas de algunos otros manantiales aforados en la Sierra, ya analizados en las páginas anteriores y que podrían aportar un caudal suficiente a los acueductos que deberían construirse entre Salazar y México. Para ello sería necesario proveer a las bombas del Valle de Toluca de esta fuerza motriz a través de una línea de transmisión. La dificultad técnica más importante sobre este punto, es que sería necesario dotar a las bombas de esta energía de forma independiente hasta que la caída de las aguas del

lado del Valle de México produjera la energía suficiente para hacerlas funcionar de forma continua.

De esta forma, Marroquín consideró que era técnicamente posible traer las aguas de Almoloya a la ciudad de México, pero se pronunció negativamente sobre la conveniencia de hacerlo dados los costos que acarrearían las obras necesarias, ya fuera la opción del túnel o la del bombeo y posterior utilización de la fuerza motriz. (Marroquín, 1901: 143)

Refuerza esta postura con los costos de los acueductos, que tendrían aproximadamente 65 kilómetros de longitud y pasarían por terrenos accidentados, pensó además, que sería necesario que la mayor parte del trayecto se realizara dentro de tubos de fierro, cuya utilización sería forzosa en los tramos donde era preciso elevar el agua 400 metros, ya que los conductos trabajando a esta presión deberían ser muy resistentes.

Menciona que la propuesta de Mackenzie era construir todo el acueducto con tubos de fierro, lo que elevaría muchísimo los costos. A esto habría que añadir el costo del túnel o los costos de bombeo, la construcción de las plantas de fuerza motriz, las instalaciones para las bombas y el receptáculo que recibiría las aguas en la Loma de Dolores.

Marroquín propone construir una parte importante de los acueductos con tubería de concreto armado localizada dentro de una cepa, con juntas de dilatación de hule y chimeneas de ventilación que permitan renovar el aire confinado, esta propuesta será retomada para el acueducto de Xochimilco.

El sistema propuesto permitía que el agua de los manantiales, bastante fría en su origen, llegara fresca a los tubos de distribución de la ciudad, y en caso de ocurrir alguna filtración, el agua correría por el fondo de la cepa hasta la siguiente alcantarilla localizada aguas abajo, con lo cual sería bastante sencillo reparar el tramo de acueducto afectado.

El sistema de construcción de los acueductos resultante era más económico que el de fierro, tomando en cuenta que los acueductos secundarios y el acueducto general tendrían una longitud total de 70 kilómetros aproximadamente. Emplear tubería de fierro en todo el acueducto podría hacerlo menos largo, ya que tendría una mayor resistencia a la presión del agua, y se podrían buscar las líneas más directas pero sería mucho más caro, hay dos críticas a este sistema por parte de Marroquín, la primera es un aumento en la posibilidad de fugas por el

incremento de la presión del agua en la tubería y la segunda es que al ser necesario perder mucha mayor altura de carga en la conducción, sería menor la potencia motriz utilizable.

En caso de sismo, Marroquín consideraba que dado que los terrenos por donde atravesaría el acueducto tenían una gran resistencia, ejecutando los cimientos como él los había proyectado, los acueductos no sufrirían ningún daño. Consideraba que sería quizá necesario reforzar la parte de los acueductos que pasaba sobre terrenos acantilados de gran altura, en estos tramos que no eran muy largos, pensaba que sería conveniente sustituir el sistema propuesto por tubos de fierro. La pendiente adoptada para el trazo de este acueducto fue de 2.5 por mil, salvo en algunos tramos donde fue necesario proyectar una pendiente menor. Esta pendiente se adoptó en razón de que permitía obtener velocidades adecuadas del agua al interior, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 10. Diámetros, velocidades y pendientes para la conducción de aguas por conductos circulares

Gasto (litros/segundo)	Diámetro (pulgadas)	Velocidad (pies/segundo)	Coefficiente de rozamiento (C)	Pendiente necesaria
105	15	3.020	112.50	0.00230
120	15	3.450	113.85	0.00280
135	18	2.700	114.50	0.00150
150	18	2.996	116.00	0.00176
180	18	3.596	117.80	0.00240
210	20	3.3090	118.80	0.00196
255	20	4.120	120.86	0.00270
285	24	3.220	121.66	0.00140
360	24	4.040	124.01	0.00210
420	24	4.720	125.80	0.00280
450	27	3.990	126.00	0.00180
540	27	4.790	127.97	0.00250
600	27	5.330	129.32	0.00302
660	30	4.740	129.85	0.00202
750	30	5.390	131.47	0.00260
810	30	5.820	132.55	0.00302
840	33	4.990	132.25	0.00200
900	33	5.340	132.35	0.00240

950	33	5.700	133.50	0.00265
990	36	4.940	133.90	0.00181

Fuente: Marroquín: 1901:152-153

Se siguió el principio de velocidades máximas, admitiendo que a medida que el tubo tiene un mayor diámetro se puede adoptar una velocidad mayor. Las velocidades adoptadas fueron entre 3 y 5 pies por segundo, no se adoptaron velocidades más grandes porque el coeficiente de rozamiento aumenta y crece la degradación del material²⁴.

Al recoger el agua de los manantiales en origen, el flujo de agua varía estacionalmente, por lo que es necesario proporcionar un diámetro mayor al que fue aforado en los meses de diciembre y enero. Se adoptó un margen de seguridad del 20 al 30%, para evitar que las secciones de los acueductos fueran escasas en caso de grandes lluvias.

En este trazo Marroquín consideró una línea troncal que empezaba en la cañada de Potrero (ver figura N° 37. Proyecto del Acueducto de las Cruces, 1901), situada al sur del pueblo de Atlapulco, para tomar el manantial que es uno de los más bajos que existen ahí, se continuaba faldeando por esta cañada para recoger el resto de los manantiales y pasar después a la cañada del Garabato, donde se recogía el agua del fondo. También se pensó factible hacer un trazo alternativo con la construcción de un túnel que cortara la Loma del Garabato y que permitiría ahorrar mil metros lineales de acueducto.

Cerca del Garabato, a 3700 metros del origen se proyectó una instalación de bombas para levantar el agua recogida del acueducto a la altura de 108 metros sobre el nivel con el que llegaría a este punto. A partir de ahí, el agua subiría por un tubo de 633 metros de largo y 16 pulgadas de diámetro, el acueducto pasaría así por encima de la Loma que corta al norte la cañada y continuaría faldeando la cañada de Raymundo para pasar por un túnel de 940 metros de longitud debajo de la mesa del Capulín para llegar al llano de las Carboneras, reuniéndose ahí con las aguas del manantial del mismo nombre y un poco más adelante en el kilómetro 7 del acueducto, con la de la parte más alta del río Salazar.

²⁴ Entre 0.90 y 1.5 metros por segundo. La pérdida de altura de carga disminuye ante la mayor presión del agua.

Poco después se agruparían con las aguas del manantial del Ángel y las que venían por el antiguo caño de los Molinos, provenientes de los manantiales de Ajolotes, Peñuelas, Piedra de Amolar, Trabuco y Teponaxtle.

A partir del kilómetro 11, se recibiría el agua de los manantiales de Agua Azul, de Gallinas, y un poco más abajo, el agua del Desierto, de Los Leones y la parte principal de Agua Azul, formando una caída de 89.50 metros antes de incorporarse al acueducto, marcada en el plano con el número 1. Desde el punto de unión con el Ángel, hasta poco después del kilómetro 12, se aprovechaba el trazo del caño de la Ascensión con ligeras modificaciones en una longitud de 4,000 metros.

Este caño es el más bajo que permite incorporar el agua de los Molinos y una parte del de Jajalpa sin necesidad de hacer un túnel para trasvasar las aguas al Valle de México, pues bastaba hacer un tajo de 11.50 metros de profundidad. El puerto para pasar el acueducto que quedó localizado en el proyecto, es el que se había pensado en un principio utilizar en la construcción del Ferrocarril Nacional y que fue posteriormente descartado, se encontraba al poniente del que utiliza el ferrocarril.

Esta decisión se tomó porque este punto permitía que la línea general resultara más corta y porque facilitaba la incorporación de las aguas de Jajalpa al acueducto troncal, en este punto también era mucho más fácil hacer las obras de excavación que en el paso donde está la línea ferroviaria, siendo la altura de los dos pasos prácticamente la misma.

Una vez incorporadas esta agua se contaría con un gasto de:

Aguas de Potreros	119 lts/seg
Aguas de Garabato	18 lts/seg
Aguas de Jajalpa	75 lts/seg
Aguas de los Molinos	132 lts/seg
Aguas de la Ascensión	20 lts/seg
Aguas del Desierto	110 lts/seg
Total	474 lts/seg

Fuente: Marroquín, 1901, p. 157

Una vez pasado el puerto, se proyectó el acueducto sobre la falda del cerro San Martín, vertiente izquierda del río del mismo nombre, ya que en este lado había un mejor terreno para proyectar la segunda caída, marcada en el plano con el número 2; ubicada en el kilómetro 17 con una altura de 236.15 metros. En esta caída se podían desarrollar teóricamente 1,492 caballos de fuerza motriz.

Inmediatamente abajo se pensó unir a las aguas de la caída, algunos pequeños manantiales que nacían en el río San Martín entre la cima de Salazar y el pueblo del Rincón. El acueducto continuaba por la vertiente izquierda del río San Martín (Huixquilucan), adentrándose en la cuenca del río San Francisco, en cuyo cauce se formaría una tercera caída, alojada en la falda sur del cerro de la Corona. Esta caída de agua tenía una altura de 126.75 metros y como se contaba con un gasto de 482 litros, la potencia motriz teórica era de 814 caballos.

Debajo de la tercera caída, entre los kilómetros 20 y 21 se planeó incorporar las aguas del río San Francisco que provienen de los manantiales del Agua Bendita, Agua de Laureles y Agua de Fresnos, que aportarían en conjunto 68 litros por segundo. Se propuso que estos manantiales se incorporaran desde su origen, ya que en el momento en que se desarrolló el estudio, había un baño de caballos en el estanque que formaba el manantial de Agua Bendita.

El acueducto general seguiría, después de esta incorporación, por la vertiente izquierda de la Cañada de San Francisco, pasando cerca del pueblo de San Francisquito, un poco arriba de la estación Dos Ríos del Ferrocarril Nacional.

Un poco más adelante el trazo debía doblar hacia el oeste, para introducirse en la Cañada de Santa Cruz, donde se recogerían las aguas del Santa Cruz o río San Francisco el Viejo, aumentando el caudal en 41 litros por segundo, para unir este trazo general con los manantiales de Agua Bendita, Marroquín propone el uso de tubería de barro cocido de 12" de diámetro, lo que resulta por lo menos desconcertante, dada la fragilidad de este material.

Para la realización del proyecto, en todos estos manantiales era necesario aclarar los derechos de varios particulares, localizados en los pueblos de Agua Bendita y Huixquilucan y determinar las indemnizaciones requeridas.

A partir del kilómetro 24 la línea general del acueducto se separaba de la cuenca del río de Santa Cruz y continuaba por la falda del cerro de Huilotiapa, donde se localizaba la caída número 4. Esta caída se produciría sobre la Cañada del Obraje, en donde se reúnen las aguas de los ríos de San Francisco y Santa Cruz: la altura de la caída es de 122.30 metros con un gasto de 591 litros por segundo. La potencia teórica desarrollada proporcionaría 950 caballos.

Al salir de la planta motriz al acueducto se propuso añadir las aguas de los manantiales que nacen en la Cañada del Obraje, que aportarían 80 litros por segundo. El trazo del acueducto continuaba por la vertiente derecha del río San Francisco. En el kilómetro 26, el acueducto cruzaba por un sifón de 128 metros de largo la Cañada de los Aceitunos.

El trazo continuaba por un terreno muy accidentado y de gran pendiente por la falda norte del Cerro de San Bartolito y doblaba después hacia el sur, recogiendo las aguas de varios manantiales que nacen en el cauce del río Huixquilucan. Los manantiales estaban esparcidos a lo largo del río, desde el pueblo del Rincón hasta Piedra Larga: Tepozán, Agua de Machos, El Chorrillo, Fresno Viejo, Agua Bendita, Agua Escondida, la Lagunilla, y el río Arametzá, que es su afluente. Los manantiales aportarían 59 litros por segundo, para esto era necesario localizar a lo largo del río Huixquilucan un colector de 12 " y un ramal hacia el río de Arametzá. El colector está parcialmente representado en el plano; donde termina se conecta a un sifón, de 320 metros de largo proyectado en tubo acero de 27" para dar paso a un volumen de 730 litros por segundo.

Posteriormente, el acueducto se dirigía a la cuenca del río Hondo, y separándose de esta cuenca para acercarse a la del río San Joaquín, donde se encontraría la sexta caída, poco después del kilómetro 40. El tubo de esta caída tiene mil metros de longitud y la altura de la caída es de 99.25 metros. Esta solución permitía acortar la distancia a la ciudad de México. La potencia teórica producida sería de 1,048 caballos.

A partir de esta última caída hasta el receptáculo de distribución proyectado en la Loma de Dolores, el acueducto tenía una longitud de 6 kilómetros. En este trayecto se planeó una pequeña caída de 12.10 metros, muy cercana al receptáculo y que podría ser utilizada para algunas aguas bajas de nivel o para otro uso, conectada con plantas de filtración y purificación si fuera necesario. Independientemente de esta caída, se marcó en el plano un pequeño desnivel en el punto donde está localizada la instalación de filtros.

Esta última parte del trazo tiene tres sifones, el mayor de 600 metros de longitud, indispensable para salvar la Barranca de Dolores y franquear el panteón de Dolores. La longitud total del trazo propuesto fue de 46,598 metros, habiendo un error de cálculo que al final reduciría la cantidad en 700 metros.

Entre los ramales que se unirían al acueducto, los principales serían los de Desierto y Jajalpa. El del Desierto con una longitud de 9,800 metros y para su realización era necesario hacer un túnel de 280 metros para pasar el puerto de las Cruces. Delante de este túnel se unían las aguas del Desierto con las de Cruz Sánchez y Pantanos, que forman parte de la cuenca de Agua Azul. Para coleccionar estas aguas se planteó la construcción de un acueducto de 750 metros de largo y 12" de diámetro.

Con la incorporación de esta agua, a las del Desierto y de Los Leones, se manejó el siguiente caudal:

Aguas del Desierto	58 litros por segundo
Aguas de Los Leones	16 litros por segundo
Aguas de Cruz de Sánchez, Pantanos, etc.	41 litros por segundo
Total	115 litros por segundo

Fuente: Marroquín, 1901, p.

El ramal de Jajalpa propuesto contaba con un canal de 930 metros de largo y un tubo de 570 metros y 12" de diámetro.

No se estudiaron con más detalles los ramales para obtener desde el origen las aguas del río San Francisco, de Santa Cruz, de Huixquilucan, de Arametzá, Borracho y Chimalpita, ni el que se debería hacer para llevar al receptáculo de Dolores el excedente del agua de Santa Fe, una vez descontado lo que le corresponde a la población de Mixcoac, ya que Marroquín consideraba mucho mejor y más viable la opción de los manantiales de Xochimilco.

Para casi todos estos ramales estaban propuestos en el proyecto tubos de barro de 12" de diámetro, alojados en cepas cubiertas en la cercanía de los cauces de los ríos y siguiendo su

trayecto para incorporar los manantiales y escurrideros que se encontraran en el camino. Y por último, proponía escalonar las pendientes con pequeñas construcciones de mampostería para disminuir la velocidad y presión del agua al interior de estos ramales secundarios.

Otra observación hecha por Marroquín es que en el caso de optarse por este acueducto, deberían establecerse nuevos contratos con los establecimientos industriales, sobre todo los que corresponden al río Hondo, indemnizando a las industrias con la fuerza eléctrica producida en las caídas.

Tabla N° 11. Caídas que se pueden obtener del agua de las Cruces

Caída N°	Altura Metros	Volumen de agua		Potencia Teórica	
		Litros por segundo		Con el agua actual	Con el agua actual y con la que se puede adquirir
		Actualmente perteneciente a la ciudad	Incluyendo la que se puede adquirir	Caballos de vapor	
1	89.50	115	150	132	179
2	236.15	226	474	711	1492
3	126.75	234	482	395	814
4	122.30	343	591	559	963
5	78.00	482	730	501	761
6	99.25	544	792	719	1046
7	12.10	544	792	87	127
Totales	764.05	544	792	3,109	5,382

Nota: En el caso de adquirirse esta agua hay que descontar de la fuerza motriz 382 caballos teóricos que servirían para el bombeo de las aguas de Jajalpa, Potreros y Garabato.

Fuente: Marroquín: 1901: 168.

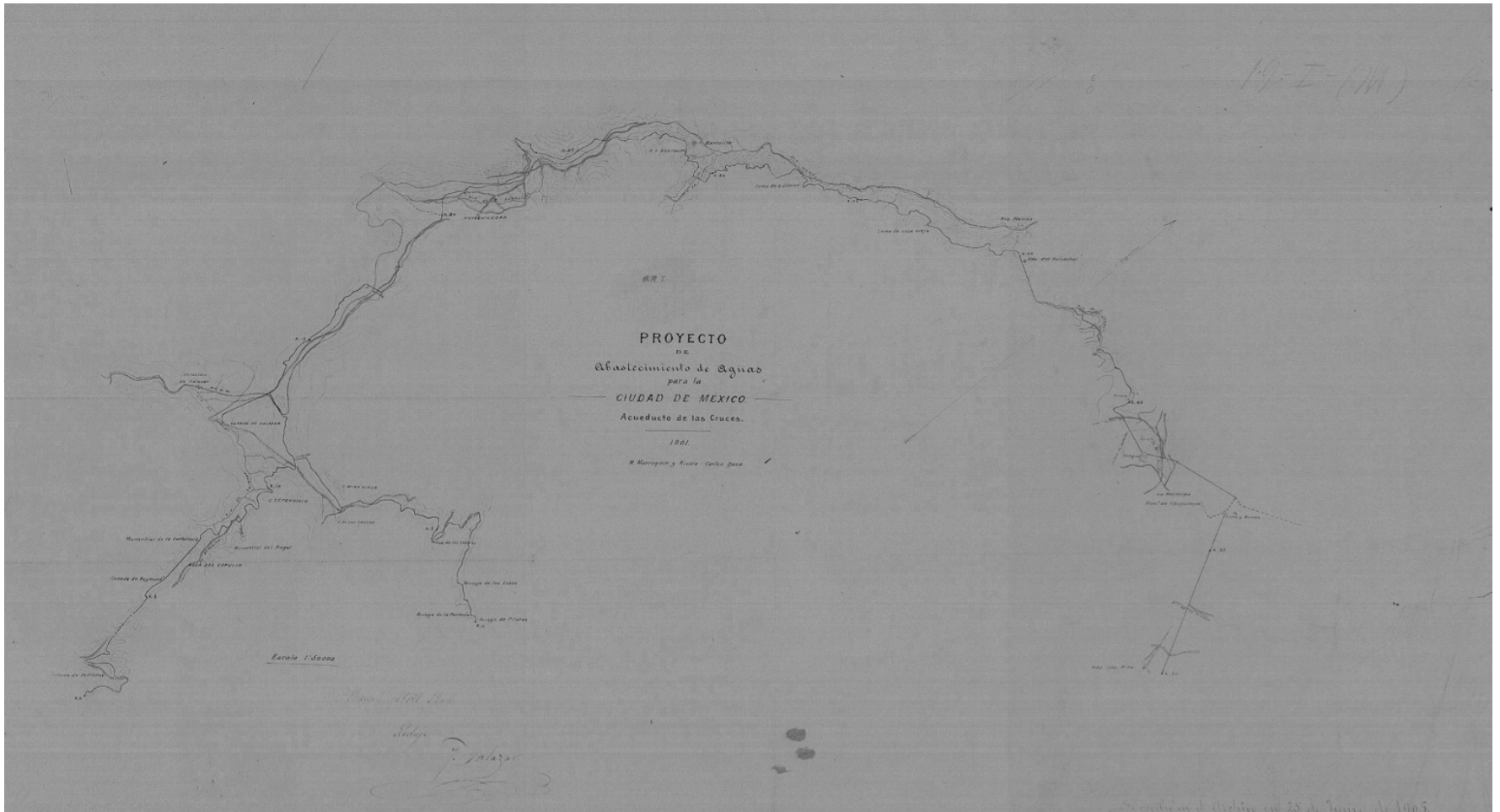


Figura 37. Proyecto para el Acueducto de las Cruces, Marroquín, 1901. Mapoteca Orozco y Berra. Colección General 1160-CGE-725-A. Invertido de heliográfica azul

2.3.7. Manantiales en las partes bajas del Valle de México. San Juan Teotihuacán, Hacienda Ojo de Agua y Chimalhuacán.

Se realizó un análisis de algunos otros manantiales, localizados como el caso de los de Xochimilco, en áreas bajas del Valle, para comparar la factibilidad de estos últimos. Para el caso de San Juan Teotihuacán se consideró que su localización a 40 km de la ciudad de México lo ponía en desventaja de entrada con los manantiales de Xochimilco. En el caso de la Hacienda Ojo de Agua se consideró que los 30 km de recorrido aproximados también eran desfavorables para la construcción de un acueducto. Sin embargo se estudio con más detalle el caso de Chimalhuacán que se encontraba a menor distancia, para compararlo con Xochimilco, aunque desde el principio Marroquín manifiesta que esta opción es más desfavorable que los otros dos manantiales para la construcción de un acueducto sin presión, ya que era necesario hacer un acueducto con tubería metálica, o levantar el acueducto para atravesar tierras más bajas localizadas entre el manantial y Chapultepec, desde dónde se había definido ya que debería partir la distribución al resto de la ciudad.

El trazo se planteaba a través de los terrenos del lago de Texcoco (con una altura del terreno de 6 metros), para hacerlo llega a Chapultepec a una altura de 5 metros era necesario excavar una zanja de 3.5 metros de profundidad, lo que hacía muy cara la construcción del acueducto. Al llegar a la etapa de costos, se definió que en cualquiera de los dos casos, el metro cúbico de agua le saldría a la ciudad en \$40,000 en tanto que en Xochimilco sería de \$26,657.

En el caso de hacer entrar el agua hacia el cerro del Peñón, para aumentar la presión, sería necesario construir un receptáculo en la parte alta del cerro, lo que aumentaría el costo del acueducto y se tendría también un mayor gasto en la tubería de distribución. El gasto de agua del manantial no excedía de 40 metros cúbicos por segundo, lo que llevaba también a la construcción de un acueducto que no satisfacía los requerimientos de agua de la ciudad. En el caso de haberse aceptado esta opción, hubiera sido necesario ejecutar otras obras suplementarias, lo que daría según Marroquín, un sistema de aguas complicado en su funcionamiento y costoso en su administración.

2.4. El Acueducto de Xochimilco. Arquitecturas del Agua

En 1900, una de las opciones estudiadas para el aprovisionamiento de agua a la ciudad fue la de los manantiales del sur, localizados dentro de la cuenca hidrográfica de los lagos de Chalco y Xochimilco y que se alimentaban de las filtraciones producidas en la Sierra del Ajusco y en menor medida de la Sierra Nevada. Estos manantiales fueron extensamente estudiados por Marroquín y la Comisión Hidrográfica del Valle de México, y por sus características fueron considerados como la elección más factible entre las examinadas, ya que de los análisis se deprendía una relación óptima entre costo-beneficio para la construcción de este nuevo acueducto.

2.4.1. Características y situación de los Manantiales

Estaban formados por varios grupos, el grupo occidental constituido por los manantiales de Las Fuentes y Peña pobre que nacen en la vertiente occidental de los cerros de Zacatepec y Zacayucan, en Tlalpan. El segundo grupo o grupo central estaba constituido por los manantiales que alimentaban el lago de Xochimilco y que nacían en los contornos de un circo²⁵ al pie de las faldas del Ajusco, delimitado al oeste por la Sierra de Xochitepec y al este por el cerro del Teuhtli. El tercero o grupo oriental, en el cual estaban comprendidos los manantiales que alimentaron al lago de Chalco, localizados al pie de la sierra de Ayotzingo y en toda la región oriental de la sierra del Ajusco, sumando además los manantiales de Xico y Tlapacoyan, que nacían al pie de eminencias aisladas en el centro de dicho lago.

Los manantiales del grupo Central eran los más numerosos y los que mayor cantidad de agua proporcionaban. Al norte de ellos se encontraban las extensas ciénagas de la Ex hacienda de San Juan de Dios. Muy cerca de estas ciénagas se localizaban los manantiales de Tepépam y de la Noria que nacían al pie de la corriente de basalto que rodea la sierra de Xochitepec. En el centro del circo se encontraban los manantiales de Quetzapa y Nativitas (o de San Juan) que eran los principales alimentadores del lago de Xochimilco. Estos dos manantiales nacían al

²⁵ Depresión semicircular en un macizo montañoso, rodeada de paredes abruptas.

fondo de dos cubetas de forma de embudo, con un agua completamente limpia y transparente, a pesar de la profundidad de doce metros bajo el nivel del lago.

Hacia el este del circo y al pie de la falda norte del cerro del Teuhtli, se encontraba el manantial de San Luis. Los manantiales de Santa Cruz y San Jerónimo estaban situados al sudoeste del circo, entre los manantiales de Nativitas y San Luis. Menos abundantes que los últimos, nacían al pie de unas mesetas basálticas en las cercanías del pueblo de Santa Cruz.

Un poco más al este del manantial de San Luis, se encontraban otros manantiales importantes, dentro de los terrenos de los pueblos de Mixquic y Tetelco; sus aguas estaban comprendidas en el vaso del lago de Chalco, que en aquel momento se encontraba separado del de Xochimilco por el dique de Tláhuac.

En los estudios realizados por Marroquín, se definió al manantial de Nativitas como el emisario principal de las aguas subterráneas que se acumulaban en esta región, a través de las grietas basálticas y los suelos permeables.

Los manantiales no producían en ese tiempo corrientes apreciables a simple vista, solamente la transparencia de las aguas en los puntos de nacimiento permitía una evaluación de su localización:

Estas aguas se extendían antes en una superficie muy grande, formándose así una verdadera laguna: pero la Agricultura ha invadido porciones muy importantes del antiguo lago, y hoy se ha reducido éste á una red de canales (acalotes) que circundan las numerosas chinampas construidas por las poblaciones ribereñas.

Las aguas producidas por los manantiales de Xochimilco no presentan una corriente bien sensible en la red de akalotes existentes en el vaso del antiguo Lago; solamente en alguno de sus puntos en que los akalotes son cortados por alguna calzada, en los puentes que se han construido para pasar las aguas, es donde se puede formar una idea aproximada del gasto que algunos de ellos producen. (Marroquín: 1901: 173)

Esto dificultó muchísimo las mediciones del caudal del agua de los manantiales, así como el de las emisiones de agua que iban por el Canal Nacional, ya que este se encontraba azolvado en

muchos tramos, esto produjo, en determinadas fechas, una retención del agua en los lagos del sur del valle, que aumentando su volumen disminuía el caudal del gasto de los manantiales por el aumento de la presión del líquido sobre el ojo de agua. La construcción del canal de los Sres. Noriega y Hermano (Canal de Chalco) para aprovechamiento del agua y desecamiento del lago de Chalco tenía en ese momento una influencia marcada en los volúmenes de agua producidos, ya que es posible que una parte importante del gasto se derramara hacia este canal.

En cuanto al cálculo de las pérdidas por evaporación, Marroquín marca una diferencia muy grande entre el estado anterior de los lagos del sur y el estado en el que se encontraban en ese momento (citado anteriormente), ya que el gasto por evaporación de agua era mucho menor al haberse reducido la superficie líquida a aquella que quedaba restringida en los acalotes, sin embargo hace notar que este suelo estaba empapado de agua por lo que la evaporación sobre el área de las chinampas también era significativa.

El volumen en metros cúbicos calculado para el proyecto fue de 3 metros cúbicos por segundo, basado en los cálculos que había hecho el Ing. Gayol sobre el gasto del Canal Nacional, que fue considerado en el proyecto de desagüe para la realización de la limpieza de forma intermitente de las atarjeas. A este respecto, es emblemático el razonamiento realizado por Marroquín en el proyecto, ya que propuso la limpieza continua de atarjeas- concepto higiénico- y la disminución de los lagos de Chalco y Xochimilco, que permitiría ampliar el número de metros cúbicos que podrían utilizarse en los canales – concepto positivista del manejo de la cuenca hídrica:

...yo, objetando esa intermitencia, propuse sustituirla con un lavado permanente, mediante un cambio en las pendientes de las mismas atarjeas y un aumento en el volumen de agua hasta cerca de seis metros cúbicos en lugar de tres. Si pues por una reducción de los lagos mayor aún de lo que yo indicaba, pudiese obtenerse mayor volumen de seis metros cúbicos, suprimiendo gran parte de los lagos Chalco y Xochimilco, se ganaría mucho con ello; ni sería necesario forzar demasiado las pendientes de las atarjeas y el mayor volumen puesto en circulación en ellas sería de mayor efecto. (Marroquín: 1901: 185)

Por otro lado, la sustentación de la capacidad de los manantiales en los depósitos subterráneos, demostrativa también de la visión científicista sobre la naturaleza, fue obtenida de forma

aproximativa : “si se examina el volumen aparente producido por algunos de los manantiales y se compara éste con el volumen que debieran suministrar, atendiendo á la cantidad de agua infiltrada en un año en su cuenca de alimentación, se encuentra que no hay ni con mucho una correspondencia exacta entre ambos volúmenes, lo cual prueba que la provisión real tiene que ser muy superior á la provisión aparente.” (Marroquín: 1901:186). El descubrimiento de los depósitos subterráneos forma el grueso de la sustentación teórica de Marroquín para la utilización de los manantiales del sur, ya que estos depósitos permitían estabilizar el gasto obtenido en los diferentes meses del año, particularmente en los meses de estiaje y en los años de sequía, aunque no llegó a determinar correctamente la capacidad de almacenamiento por falta de tecnología.

El estudio de los manantiales determinó que estas aguas tenían una gran pureza y no presentaban un desnivel con respecto al Lago, descubriéndolos sólo por su mayor transparencia en los puntos correspondientes al nacimiento. El agua tomada en origen de estos manantiales fue considerada muy pura, baja en materias sólidas y con entre 8 y 10 bacterias por cm³; sin embargo, los análisis del agua en superficie dieron presencia de nitratos, nitritos y sales amoniacales, así como una gran cantidad de materia orgánica por la presencia de vegetación superficial, esta presencia, se especuló, era el resultado del contacto con las zonas de agricultura y la contaminación por el lavado de ropa y animales.

Tabla Nº 12. Tabla de análisis de agua del Manantial de Nativitas

Contiene 0.0025 de ácido carbónico libre

Materias sólidas	Gramos
Bicarbonato de calcio	0.0188
Bicarbonato de magnesio	0.0176
Cloruro de sodio	0.0450
Siliza (sílice), alúmina y fierro	0.0300
Materia orgánica	0.0186
Residuo sólido	0.1300

Fuente: Marroquín, 1901, p. 188

Uno de los puntos más importantes a favor de la utilización de los manantiales de Xochimilco, lo constituyó el hecho de que las poblaciones localizadas dentro de la cuenca hidráulica del sur, no contaminaban los manantiales, ya que estos tenían su origen en los escurrimientos del Ajusco, y no estaban sujetos a la contaminación debida al escurrimiento superficial, como ocurría en los manantiales de la Sierra de las Cruces.

Es necesario destacar que Marroquín menciona que en el momento de la realización de los estudios, la mayor parte del Lago de Xochimilco estaba cubierto de chinampas y dedicado a la agricultura "Estas aguas se extendían antes en una superficie muy grande, formándose así una verdadera laguna; pero la Agricultura ha invadido porciones muy importantes del antiguo lago, y hoy se ha reducido éste á una red de canales (acalotes) que circundan las numerosas chinampas construidas por las poblaciones ribereñas." (Marroquín, Memoria del Proyecto: 1901: 173)

Los manantiales se dividieron en tres grandes grupos, el primero, constituido por los manantiales del margen occidental (Las Fuentes y Peña Pobre), situado a una altura mayor que el resto, el segundo, correspondiente a los manantiales centrales, de gran importancia y que alimentaban el Lago de Xochimilco, que nacen en los contornos del circo de la Sierra del Ajusco y el tercero, los manantiales del oriente.

La cuenca alimenticia de estos manantiales estaba formada principalmente por las vertientes del Ajusco, cuyos terrenos, de naturaleza volcánica, están constituidos por rocas agrietadas, brechas, tobas y cenizas volcánicas. La permeabilidad de estos suelos es notable, ya que no hay huellas de barrancas profundas causadas por el escurrimiento de lluvias. La red hidrográfica superficial es rudimentaria y no constituye un sistema definido.

La precipitación pluvial en esta zona siempre fue bastante importante, en 1901 se estimó en 70 centímetros de altura pluviométrica, sin embargo las avenidas de los arroyos que bajan de la sierra son de escasa importancia, ya que no representan ni el 5% de la cantidad de lluvia caída, en el momento del estudio se consideró que casi un 60% de la altura pluviométrica se infiltraba al terreno. Las aguas infiltradas descienden a una gran profundidad, hasta encontrar las capas compactas impermeables que forman un gran receptáculo subterráneo.

Otros estudios realizados en esos años, indicaron que el espesor de las capas de material volcánico permeable podían llegar a los doscientos metros, explicando así la completa ausencia

de manantiales en las vertientes de la sierra. Se determinó que la infiltración de las aguas sigue las grietas de los materiales volcánicos y no presenta una coincidencia marcada entre las líneas de escurrimiento de las aguas superficiales y el nacimiento de los manantiales.

Tabla N° 13. Aforos hechos por la Comisión del Valle de México en el mes de Agosto de 1898 de los principales manantiales del Sur.

Manantiales	Región a la que pertenecen	Litros por segundo
Peña Pobre	Tlalpan	146
Las Fuentes		105
Santo Niño		14
Tepé pam		146
La Noria	Xochimilco	102
Nativitas y Quetzalapa		1,300
Tetelco y Mixquic	Chalco	500
Tlapacóyam		120

Fuente: Marroquín, 1901, p.178

2.4.2. El Proyecto del Acueducto

La realización del proyecto incluyó el análisis de requerimientos de agua para diferentes usos, de acuerdo a los gastos que se tenían en diversas ciudades del mundo, el análisis de la presión necesaria para configurar un servicio continuo de distribución de agua, las pendientes requeridas, los tipos de terrenos, la evaluación de los posibles manantiales de captación, la pureza del agua, los tipos de tuberías²⁶, receptáculos y bombas, etc.

Los proyectos ejecutados para el control de las aguas de los lagos del sur y la navegación, aceleraron los cambios ambientales, como el Canal Nacional, que se constituyó en emisario de las aguas del Lago de Chalco. En el momento de la realización del estudio de Marroquín, presentaba un fuerte grado de azolvamiento y baja pendiente, por lo que las aguas de escurrimiento eran pocas, pero a esto se sumó el canal que realizaron los Sres. Noriega y Hermano, para el desecamiento de la Laguna de Chalco.

Es posible que una parte muy importante del gasto de agua de los manantiales fuera expulsada por este canal, sin embargo, Marroquín afirma que era muy difícil determinar el gasto de los manantiales, ya que "...los antiguos Lagos del Sur han desaparecido casi por completo a consecuencia no sólo de la Empresa de desecación de los Sres. Noriega y Hermano, sino también y de un modo principal en mi opinión, á consecuencia de las condiciones generales del Valle de México que han venido cambiando la extensión de todas las lagunas que en él se encontraba. En su estado actual, los vasos del Sur, más que lagos, son vastas ciénagas, y solamente en una parte restringida de su área, la que corresponde á los acalotes que están entre las chinampas, se pueden observar superficies ocupadas por agua." (Marroquín: 1901: 182).

El cálculo del agua necesaria por habitante definió en primer lugar los diferentes tipos de usos del agua urbana en la población:

1. Usos domésticos
2. Usos comerciales
3. Usos públicos
4. Desperdicio

²⁶ Por salubridad, se decidió que el acueducto fuera un gran caño cerrado, lo que permitiría garantizar la calidad del agua hasta la llegada a los domicilios.

En el primer grupo se consideró el agua empleada en las casa para necesidades vitales (alimentación, cocina, lavado, baño, aseo de objetos y pavimentos, riego de jardines y patios interiores, limpieza de excusados y albañales). Se estudiaron los gastos domésticos de diversas ciudades europeas, lo que dio una media de 60 ó 70 litros por habitantes en Liverpool, Manchester, Dublín, etc. Sin embargo, las grandes capitales europeas, como París, Londres, Zúrich y Frankfurt contaban con una media de 113 litros diarios por habitantes para usos domésticos.

Los datos encontrados por Marroquín para Estados Unidos presentan fuertes variaciones, sin embargo se tomó como norma la recomendación de Foster Crowell (informe presentado en 1900, al comité de Ingenieros nombrado por la Asociación de Comerciantes de Nueva York para el estudio de la provisión de aguas de esa ciudad) de dotar de 30 galones de agua diarios por habitante, equivalentes a 113 litros.

En el caso de la ciudad de México, Marroquín consideró que debía mantenerse esta cantidad de litros por la importancia que iba adquiriendo la capital de la República y porque "... los habitantes de la población, especialmente en las bajas clases, son de tal naturaleza que producen un fuerte desperdicio de agua. Es evidente que por desgracia nuestro pueblo bajo tiene una marcada tendencia al desaseo; pero es preciso contrarrestar esos malos hábitos, y nada mejor para conseguirlo que dotarlo de agua suficiente, pues la instrucción que adquiera por la vista de la limpieza de otras casas, le harán comprender mejor que nada lo necesario de practicar el aseo en las suyas." (Marroquín: 1901: 9).

En el segundo rubro, para Marroquín no puede existir una comparación directa con los casos de las grandes ciudades americanas, ya que los usos comerciales comprenden las necesidades industriales, los almacenes comerciales, oficinas, hoteles, etc., los datos de Nueva York arrojan para el año 1899, 23.85 galones, equivalente a 90 litros, por lo que propones 60 litros diarios por persona para este tipo de actividades.

En relación a los usos públicos, éste comprende el servicio contra incendios, el riego de calles, el lavado de atarjeas, las instituciones de Beneficencia, las fuentes públicas, etc., Marroquín proporciona los datos de Estados Unidos y Alemania (4 a 6 galones, equivalente a 15 a 23 litros), sin embargo, considera que la ciudad de México debe tener una dotación mayor, para afirmar esto se basó en el estudio del Ing. James C. Croes, para Nueva York, que apoyaba un replanteo de las mediciones de necesidad de agua para la limpieza de calles y atarjeas

relacionado con la longitud de las tuberías de distribución, se estimó para la red de tuberías de la ciudad de México 200 km², por lo que se requerirían 7000 metros cúbicos diarios, lo que repartidos entre la población daba un total de 20 litros diarios por persona.

Un dato interesante mencionado en el Proyecto de Abastecimiento, es que en las obras de saneamiento se tomó en cuenta el agua necesaria para la limpieza de atarjeas y se constituyó un sistema diferenciado del de aguas potables. Para el servicio de incendios se consideró una cantidad equivalente a la utilizada en la ciudad de Nueva York: 1 litro y medio diario por persona.

El agua necesaria para el riego y limpieza de calles se basó en los datos de París, por juzgarse que en ese momento era la ciudad que tenía el mejor servicio, considerándose que para la limpieza de arroyos y banquetas en pavimentos lisos se requiere la misma cantidad de agua por metro lineal y que solamente en el caso de otro tipo de pavimento la ciudad requeriría más agua, porque la altura de la ciudad favorece la evaporación, el regado de calles se recomienda por lo menos dos veces al día, para disminuir el polvo y las bacterias que se transportan en el aire.

En el estudio también se menciona la conveniencia de dotar a las bocas de incendio de una salida para manguera de una pulgada de diámetro, ya que se juzgaba mucho mejor adaptar este sistema al riego de calles que el riego a través de pipas, dejando las pipas exclusivamente para las calles de mucho tráfico.

El lavado de empedrados resultaba muy difícil, con lo que se propuso que estos pavimentos fueran reemplazados con el tiempo por asfalto o adoquines y los cálculos se realizaron como si todas las calles tuvieran este último tipo de recubrimiento, considerándose necesarios dos litros por metro cuadrado. La dotación de agua necesaria para el servicio de riego de calles y lavado de arroyos se calculó en 104 litros por segundo, suficientes para regar 2,000,000 de metros cuadrados y 200 kilómetros de arroyos, que cubrirían en total 700 calles y los principales parques y plazas de la ciudad. A esto se suma el gasto de los edificios públicos y las fuentes, computando 15 litros diarios por persona, lo que lleva un total de 40 litros por persona diarios para el servicio público.

En relación al último punto, el desperdicio de agua medido en las ciudades norteamericanas va del 25 al 75%, considerándose óptimo el 25%, sin embargo hay muy pocas ciudades que

tengan este número, Marroquín considera imprescindible la colocación de contadores o medidores de agua, como un factor muy importante para evitar el desperdicio que puede ser achacable a la población; el otro factor importante en el desperdicio de agua es la filtración de los sistemas de distribución, por lo que el sistema de distribución debe dotarse de los medios necesarios para descubrir estas filtraciones, la presión en las tuberías es también uno de los factores más importantes, sin embargo la presión considerada para la ciudad de México fue relativamente baja.

La pérdida de líquido en la ciudad de Boston, tomada como ejemplo por haberse llevado a cabo el sistema de distribución hacía relativamente poco tiempo, fue de 40 litros por segundo en toda la ciudad, lo que se considera un rango normal (40%). Cabe mencionar que en el estudio no se mencionan los problemas de asentamiento de tuberías por el tipo de subsuelo de base lacustre, ni los temblores tan comunes en la ciudad de México.

Tabla N° 14. Resumen de cantidades empleadas en los diferentes servicios (litros por habitante)

Usos domésticos.....	113
Usos comerciales.....	60
Usos públicos.....	40
Pérdidas diversas, 40% del total.....	142
Total.....	350

Fuente: Marroquín, Memoria del Proyecto, 1901, p. 28

Finalmente, Marroquín analizó el crecimiento del consumo de aguas en diferentes ciudades de Estados Unidos entre 1890 y 1900, en muchas ciudades se duplicó el consumo, por lo que propuso ampliar la dotación a 400 litros diarios por habitante (equivalente a 106 galones), pensando así compensar el crecimiento de la demanda en los siguientes 15 o 20 años.

Tabla N° 15. Aumento del consumo de agua de las principales ciudades de los Estados Unidos, durante el decenio de 1890 a 1900.

Ciudad	Consumo diario por habitante (galones)		Ciudad	Consumo diario por habitante (galones)	
	1890	1900		1890	1900
Nueva York	79	116	Pittsburg	144	231
Chicago	140	190	Washington	158	185
Filadelfia	132	229	Detroit	161	146
Boston	80	1421	Jersey City	97	160
Cleveland	103	159	Columbus	73	230
Buffalo	186	232	Cincinnati	112	121

Fuente: Marroquín, 1901, p. 29

La cantidad de litros por habitante elegida para la ciudad no era excesivamente grande comparado con las ciudades de Estados Unidos, la justificación expresada para realizar los cálculos con este número, refiere a la incipiente industrialización de México que no necesitaba los requerimientos de agua que tenían algunas ciudades industriales en Estados Unidos, el uso dispendioso del agua en ese país y la posibilidad de economizar el consumo por otros medios, como el uso de medidores. Comparativamente, 105 años después la media del consumo de agua per cápita en la ciudad de México es de 315 lts por día.

La presión a la que debía llegar el agua a los hogares llevó a otro estudio que ilumina también algunas de las causas del aumento del consumo de agua por habitante en Estados Unidos, ya que a mayor presión del agua –requerimiento de seguridad contra incendios-, se produce un alto deterioro en la tubería de distribución, lo que llevó a un aumento del desperdicio de agua, a veces hasta del 60%.

El estudio maneja, para definir cual será el tipo de presión que se utilizará en la ciudad, los datos obtenidos en la ciudad de Nueva York en el periodo de construcción del acueducto del Croton:

En el periodo comprendido entre 1883 y 1890, durante los trabajos de construcción del nuevo acueducto, se cerraron parcialmente las compuertas y llaves de los tubos distribuidores de la Ciudad, de manera de dejar que pasara suficiente agua para

alimentar los diversos distritos de la Ciudad, pero sólo con la presión necesaria para que el agua pudiera subir a los primeros y segundos pisos de las casas. El deterioro de los tubos siguió aumentando durante ese tiempo y poco ó ningún esfuerzo se hizo para impedirlo...

En 1890 se abrieron las compuertas y llaves de los tubos y se admitió en ellos toda la presión de los receptáculos. La altura de la presión aumento unos 6 á 8 metros en las cañerías. El resultado fue un enorme desperdicio de agua que hizo aumentar notablemente el consumo.

En el primer semestre de 1890, el consumo era de 105 millones de galones al día. En 1891 se emplearon 153 millones y en 1895 el consumo había llegado a ser de 180 millones de galones. En 1897 y 1898 se pusieron nuevos tubos de grandes dimensiones y se obtuvo en la parte baja de la Ciudad una presión aún más grande. El consumo llegó a ser de 226 millones de galones en 1898 y de 246 millones en 1899.

Estos aumentos de consumo no se debieron á un aumento en la dotación de los consumidores, como lo comprueba el hecho de que durante el periodo de 1889 á 1899 se midió el agua usada por el 25 por ciento de los mercedados y se vio que esta dotación no había aumentado de un modo sensible. (Marroquín, Memorias del Proyecto, 1901: 39-40)

Este ejemplo utilizado por Marroquín, deja claro que una parte del enorme aumento de consumo se desperdició, ya sea en fugas, filtraciones o descuidos. Para el acueducto se calculó como requerimiento mínimo una presión de 74 m en la columna de hidrante sin el uso de bombas de incendio de vapor²⁷ y de 12 a 15 m con el uso de bombas. Marroquín proyectó una presión de 15 a 20 metros en los tubos de las calles, y de 12 metros para los hidrantes.

Las aguas que podrían otorgar la presión requerida por gravedad son las del poniente de la ciudad de México, sin embargo, Marroquín ya había desechado el proyecto de la Sierra de las

²⁷ Los camiones de bomberos en Estados Unidos contaban con bombas de vapor que permitían aumentar la presión del agua, lo que tendía a disminuir los requerimientos de presión en el sistema de distribución.

Cruces, incluyendo la propuesta de Mackenzie sobre las lagunas del Lerma, por considerarlo excesivamente costoso.

Para el trazo del acueducto, el estudio propuso como primera idea seguir una línea recta entre el manantial de San Juan y las inmediaciones de Chapultepec, para reunir en este último punto las aguas que llegaban a la alberca grande y a la alberca chica. Se exploraron las opciones para llevar el agua por gravedad a este punto, lo que llevó a determinar que la pérdida de la carga por los requerimientos de la pendiente de 15 cm por kilómetro, harían ineludible la utilización de fuerza motriz para tener la presión requerida para la distribución. También sería necesario realizar una excavación profunda ya que el agua llegaría a Chapultepec con la acotación de 5.85 m y el terreno en esa zona estaba a 8.50 a 9.00 m, siendo el suelo de características fangosas y poco resistente.

Marroquín desecha esta primera propuesta y explora un nuevo trazo desde las faldas del Ajusco, donde se colocaría una instalación de bombas para subir las aguas a la altura necesaria para continuar por la sierra de Xochitepec y el pueblo de Ximalcoyotl, posteriormente pasaría cerca de Santa Úrsula y Peña Pobre, donde se podrían incorporar las aguas de este manantial, continuaría por el Pedregal, San Ángel, las lomas de Mixcoac y Tacubaya para terminar en la loma de Dolores. Este proyecto se consideró muy ventajoso, ya que sería construido sobre terreno muy firme y se podrían adoptar pendientes fuertes para el trazo, con lo que se podría disminuir la sección del acueducto. Se realizó un anteproyecto del trazo entre Peña Pobre y Dolores, sin embargo se llegó a la conclusión de que esta idea no era viable, ya que la construcción subterránea del acueducto a través de seis kilómetros del pedregal de San Ángel resultaba excesivamente costosa, además de lo anterior, era necesario expropiar una serie de fincas muy costosas en Mixcoac y Tacubaya.

La solución que finalmente se tomó fue la de construir varias instalaciones de bombas en los manantiales de origen, para que, elevándola a la cota necesaria, pudiera llegar a México por gravedad a través de un acueducto de treinta centímetros de pendiente por cada kilómetro. A su arribo al área de Chapultepec la edificación de otra casa de bombas permitiría generar la presión necesaria para su distribución y para llevar el agua a los depósitos de la loma de Dolores. Este proyecto aumentaba la longitud del trazo directo en un 20%, lo que se consideró aceptable. Además se propuso reducir el diámetro de la tubería, lo que se traduciría en una disminución del costo. Por otro lado el suelo por el que pasaba el nuevo trazo se estimaba más

firme y suficientemente bueno para la cimentación, y al ir por la orilla del antiguo lago estaría menos sujeto a filtraciones.

Se proyectó una instalación de bombas cerca de los manantiales de Nativitas y Quetzapa, de donde se llevaría el tubo hacia una loma en las cercanías del Panteón de Xochimilco, de aquí partiría el acueducto con una altura de 16m hacia Tepepan, San Antonio, Coapa, Coyoacán, San Borja, la Condesa y Chapultepec. El extremo del acueducto quedaría localizado cerca de las calzadas de Tacubaya y Reforma, de donde saldría el tubo central de distribución a la ciudad. Para incorporar el agua de Chapultepec en este primer anteproyecto, era necesario construir un doble cárcamo, ya que el nivel al que se encontraba la alberca grande quedaría tres metros abajo del nivel de llegada de las aguas de Xochimilco. En el punto de llegada se construiría una instalación de bombas que se conectaría a través de un tubo al sistema de distribución general y que al mismo tiempo traería las aguas acumuladas en los depósitos de la loma de Dolores para mantener la presión constante.

Los sistemas de distribución de agua existentes en aquel momento tenían dos grandes tipologías:

1.) El sistema intermitente

Donde se proporciona el servicio de agua durante algunas horas al día solamente y el agua se almacena en cisternas que sirven para la provisión de todo un día. Presenta los siguientes inconvenientes:

- El sistema de incendios no funciona, ya que se pueden encontrar sin presión para apagar un incendio en cualquier momento.
- El almacenamiento del agua aunque sea por 24 horas es contraria a la higiene (movimiento del líquido)
- Los receptáculos generalmente no se limpian
- Los inmuebles requieren de cisterna y bombeo a tinacos en la parte superior del edificio

Y algunas ventajas:

- Economía del agua, los inmuebles poseen receptáculos que garantizan los requerimientos de agua por 24 horas, estas construcciones tienen un tamaño definido de ocupación en el lote.
- Los habitantes tienden a despilfarrar menos el agua por los periodos de escasez y la conciencia de la cantidad de agua que tienen almacenada.
- La baja presión en las tuberías genera menos fisuras y rompimientos

En ese momento el sistema de la ciudad podía considerarse intermitente, ya que había periodos donde el agua escaseaba y no tenía presión suficiente para llevarla a los tinacos, por lo que las casas debían tener cisternas y un sistema de bombeo.

2.) El sistema de distribución continua

El agua se admite constantemente en todas las cañerías, los habitantes toman el agua que sube directamente a los pisos superiores de la cañería, solamente para el uso del WC es necesario tener pequeños tinacos.

El sistema de la red de distribución continua tiene dos modalidades, el **sistema de puntos muertos** y el **sistema reticular**. El primero corresponde a un tubo principal de distribución, que se subdivide en varios ramales que a su vez se ramifican hasta llegar a los tubos más pequeños que dan servicio a una calle. Ventajas:

- Se calculan fácilmente los requerimientos de agua de un sector
- Requiere un número pequeño de válvulas
- Aislar a un segmento de la población es sencillo, en general se requiere de una sola válvula para cada calle
- Es más fácil localizar las fugas de agua

Inconvenientes:

- Los extremos de las ramificaciones son puntos muertos y el agua puede quedar acumulada durante largos periodos, aunque esto puede evitarse con un golpe de agua, la mayor parte de las veces se olvida llevar a cabo esto en el mantenimiento de la red
- No se puede disponer de un gran volumen de agua para llevar en determinado momento a un punto de la ciudad.
- No se puede compensar el déficit de agua en alguna zona con el excedente de otra.

El **sistema reticular** consiste en poner los tubos principales de distribución formando un circuito cerrado, los tubos secundarios tocan con sus dos extremos este circuito y los tubos más pequeños se unen a los tubos secundarios también en sus dos extremos, de tal forma que se va generando una verdadera cuadrícula. El circuito principal cada tubo es de las mismas dimensiones y son capaces de llevar la mitad del gasto de agua correspondiente al circuito que forman, los tubos secundarios tienen el doble de capacidad que si recibieran el agua por un solo extremo. Ventajas:

- Al estar todos los tubos comunicados entre sí, el agua puede fluir a todas partes cuando se requiere, lo que permite concentrar el agua en un determinado punto en caso de incendio y se pueden compensar los déficit que se tengan en alguna zona con los sobrantes de otras.
- El agua no permanece estancada en ningún punto de la red.
- Se pueden ir formando nuevos circuitos conforme la expansión de la ciudad lo requiera (se orientará sobre las nuevas áreas de desarrollo)

Inconvenientes:

- El cálculo de la tubería se hace muy complejo y es preciso exagerar el diámetro de los tubos para prevenir que haya una capacidad deficiente.
- Es más difícil aislar una parte del sistema, ya que se requiere manejar un número grande de válvulas, cuyo costo, más el de los tubos encarecen el sistema.

Este sistema debe adecuarse a la topografía del sitio, con lo cual se pueden crear depósitos distribuidores en determinadas zonas elevadas que pueden funcionar como nodos alrededor de los cuales se puede hacer un sistema radial. En las ciudades de Estados Unidos se construyeron grandes tanques elevados para dar este servicio.

Los cálculos se hicieron sobre los datos del censo de 1890, ya que no estaban listos los del censo de 1900; en el proyecto puede observarse el sentido pragmático con el que se iban realizando y justificando los diferentes cálculos, por ejemplo, en el plano de la red de distribución “ Las zonas de que consta cada circuito se han numerado con números en orden natural marcados con tinta roja y debajo de cada número he puesto el número de habitantes que corresponde á cada zona según los datos oficiales del censo de 1890... En los casos en que se trata de zonas muy poco pobladas en las cuales los datos del censo de 1890 son muy deficientes respecto a las condiciones actuales, he admitido cierta población que he supuesto teniendo en cuenta el terreno disponible y la densidad de población que, según el censo de 1890, resulta para porciones de terreno contiguas ya suficientemente pobladas. Estas poblaciones supuestas se han anotado con números encerrados entre paréntesis.” (Marroquín, 1901: 60). Este párrafo demuestra al mismo tiempo la exigencia de justificación técnica de las opciones planteadas en el proyecto y la necesidad de dejar explicitada toda la metodología utilizada para los diferentes cálculos.

Para el cálculo poblacional a futuro, Marroquín compara los datos totales de población de la ciudad de México en 1890 y en 1900, determinando que en estos años la población había aumentado un diez por ciento. De acuerdo a estos datos realizó una proyección y obtuvo que en 35 años la población de la ciudad llegaría a los 500,000 habitantes²⁸. Para los cálculos de los requerimientos de agua, Marroquín determinó que al cambiar las condiciones higiénicas, la ciudad podría crecer más rápido en el futuro y estableció que para los tubos principales el cálculo se realizaría sobre 485,000 habitantes, en lugar de los 356,000 con los que contaba en ese momento la ciudad, según Marroquín²⁹.

²⁸ El censo de 1900 da una población de 344,721 habitantes si se toma el dato proporcionado por Davies y de 368,777 habitantes del Cuadro de Mortalidad de la Ciudad de México, 1901 (basado en el censo de 1900).

²⁹ No hay referencia a aumento de superficies urbanas en los cálculos.

Marroquín maneja en el proyecto un trabajo sobre varias hipótesis de crecimiento de la ciudad, la principal fue que la ciudad crecería mayoritariamente hacia el poniente, la segunda es que la densidad poblacional de las nuevas colonias sería menor a la existente en el área central de la ciudad.

La zona central de la ciudad correspondiente a los cuarteles 3 y 4 fue dejada sin variaciones, ya que en el último censo la población mostraba un decrecimiento; se supuso un aumento de población importante en el circuito A, ya que ahí existían en ese momento una gran cantidad de terrenos para hacer nuevas construcciones. Los circuitos D y E también fueron pensados con una población superior, aunque Marroquín consideraba poco probable que la ciudad se expandiera en esta dirección por ser los barrios más degradados, el aumento de población está considerado por una mejora de la higiene, lo que disminuiría la mortalidad.

2.4.3. Justificación de la opción de los manantiales de Xochimilco

La principal justificación para la utilización de las aguas de los manantiales localizados en el antiguo lago de Xochimilco es que estos provenían de abundantes filtraciones a través de capas de basalto, tobas y cenizas volcánicas de las montañas del Ajusco. Estas filtraciones descendiendo a gran profundidad, alimentaban un vasto depósito subterráneo, cubierto de las lavas que forman los últimos contrafuertes de la sierra, y que salían a través de numerosos ojos de agua situados a pequeña distancia del pie de las montañas y en el fondo del lago de Xochimilco.

Este hecho contribuía a la regularidad de salida de las aguas, ya que el depósito subterráneo hacía las veces de un gran vaso almacenador con pocas variaciones de nivel y permitía regularizar la salida de agua en los meses de secas. Fueron clasificados como aguas artesianas que brotan a la superficie bajo la acción de una carga muy pequeña.

Es interesante notar como Marroquín va cambiando la justificación de la no elección de los manantiales de la Sierra de las Cruces, los del oriente de la ciudad y la utilización de los diferentes ríos que dependen de la Sierra de las Cruces, para ponderar las condiciones de los acueductos de Xochimilco: en el caso de los manantiales del oriente, que poseían algunas

características similares a los manantiales del sur, por encontrarse a un nivel más bajo del de la ciudad de México, se justifica por el costo, comparado con la utilización de un acueducto sin presión (en el caso de Xochimilco era necesario utilizar bombas para aumentar la presión para salvar la diferencia de niveles), los accidentes geográficos, que requerían la construcción de un depósito en el cerro del Peñón y la poca cantidad de agua que se obtendría de éstos, lo que requeriría la incorporación de otro sistema para apoyar el abasto (Sierra de las Cruces o Xochimilco).

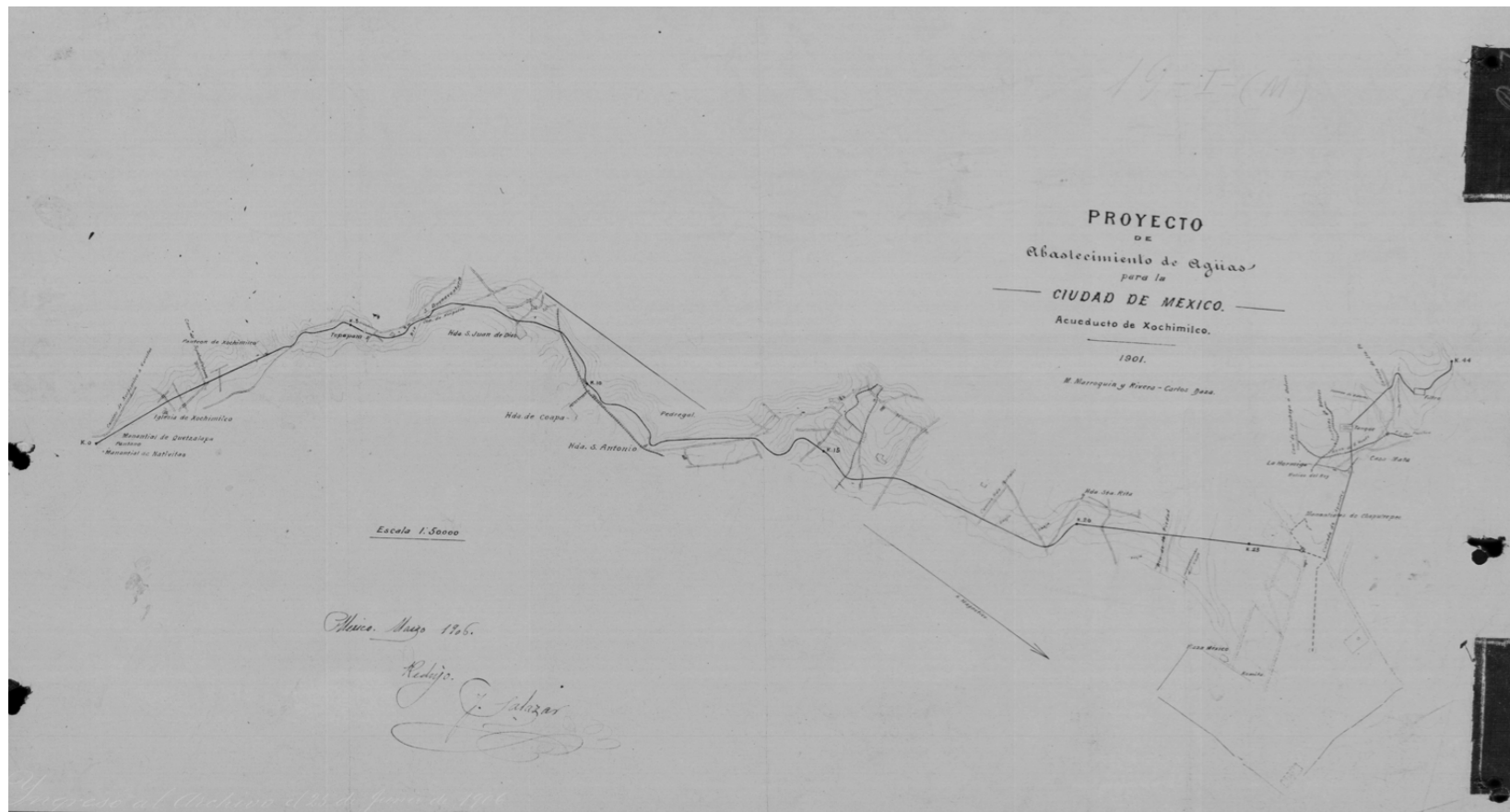


Figura 38. Proyecto de Abastecimiento de Aguas para la Ciudad de México. Acueducto de Xochimilco, 1901, Marroquín y Rivera, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Distrito Federal, 1301-CGE-725-A. Invertido de heliográfica azul.

El caso de la Sierra de las Cruces, que corresponde al sistema más complejo ya que el estudio incorpora el análisis de los manantiales del Lerma, la justificación se encuentra mucho más detallada, ya que es éste el sistema que se le encargó analizar con mayor precisión, por ser la zona histórica de incorporación de manantiales a la ciudad de México y porque el Ayuntamiento contaba ya con algunos manantiales adquiridos para aumentar la capacidad de servicio del acueducto de Santa Fe y Desierto de los Leones.

En este caso la justificación más importante corresponde a las dificultades para obtener el recurso desde el origen, que para Marroquín era muy importante porque garantizaba la pureza del agua sin añadidos químicos ni filtros. Si se analizan las propuestas en otros países se ve que el uso de filtrado en agua de río o de manantial fue un recurso utilizado ampliamente en esta época, ya sea porque era el recurso más cercano (ejemplo Buenos Aires y el Río de la Plata) y no se veía la necesidad de incrementar los costos para obtener agua de manantiales desde el origen, o París y las ciudades de Estados Unidos.

Este punto es importante, ya que el costo del acueducto de la Sierra de las Cruces (sin considerar los manantiales del Lerma) hubiese sido considerablemente menor si se hubiera optado por este sistema, ya que la recolección del agua de los diferentes ríos y manantiales y su posterior transporte a la ciudad de México hubiera requerido de la construcción de una longitud menor de acueducto, aunque hubiera sido necesaria la incorporación de dos o más plantas de tratamiento y potabilización en el área de Chapultepec.

En el caso de los manantiales del Lerma, aunque Marroquín considera posible para el desarrollo de la ingeniería de esta época el túnel para atravesar la Sierra de las Cruces, lo considera muy costoso y prefiere la opción de las bombas eléctricas que subirían el agua hasta el paso de menor nivel de la Sierra, lo que hizo de ésta opción algo inviable por los costos de este primer tramo de acueducto.

En el caso de los ríos y canales (río Hondo, el Canal Nacional, el río de Tlalnepantla, etc.), la tierra y la contaminación orgánica con la que llegaban a las cercanías de la ciudad los hacía poco recomendables sin la opción de las plantas de tratamiento.

Finalmente, la opción de los manantiales de Xochimilco parecía aportar a la ciudad de México agua abundante (2,100 litros por segundo) y de la mejor calidad a un precio razonable, pero lo más importante fue la sólida creencia de carácter científico positivista de que cuidando el área de escurrimiento de los manantiales (la Sierra del Ajusco) estos tendrían una vida ilimitada para aportar agua a la ciudad y a los pueblos de los cuales se extrajo el recurso.

2.4.4. Arquitecturas e Ingenierías del Agua

El acueducto consistió fundamentalmente en el aprovisionamiento de un volumen de 2,100 litros de agua por segundo producido por los manantiales de Xochimilco; en la conducción de este volumen hasta las orillas de la Ciudad; en el bombeo de las aguas para conducir las a la Casa de Bombas de la Condesa, la construcción de cuatro depósitos construidos en la Loma de Dolores, que almacenarían y regularían los requerimientos de agua diarios y la red de distribución a las viviendas, edificios públicos, parques, etc. de la ciudad de México.

Obras de captación

Las obras de captación consistieron en la perforación de pozos brotantes, cuyas aguas fueron conducidas a receptáculos de comunicación a través de bombas eléctricas que elevaban las aguas al Acueducto para ser finalmente conducidas a México. La localización de las bombas en las obras mismas de captación, permitió la construcción de un acueducto con pendiente mínima y de un nivel suficientemente elevado, que proporcionaba mayores facilidades de construcción, vigilancia y reparación.

Las bombas colocadas en cada una de las obras de captación eran bombas centrífugas con motores eléctricos, se establecieron a un nivel suficientemente bajo para que estuvieran sometidas a la presión de las aguas y no hubiera que cebarlas al arranque. Cada obra de captación contaba con dos bombas centrífugas y los aparatos eléctricos necesarios, todo por duplicado para evitar la interrupción por algún accidente local.

El sistema Xochimilco constaba de cinco casa de bombas: cuatro corresponden a las obras de captación, La Noria, Nativitas, San Luis y Santa Cruz.

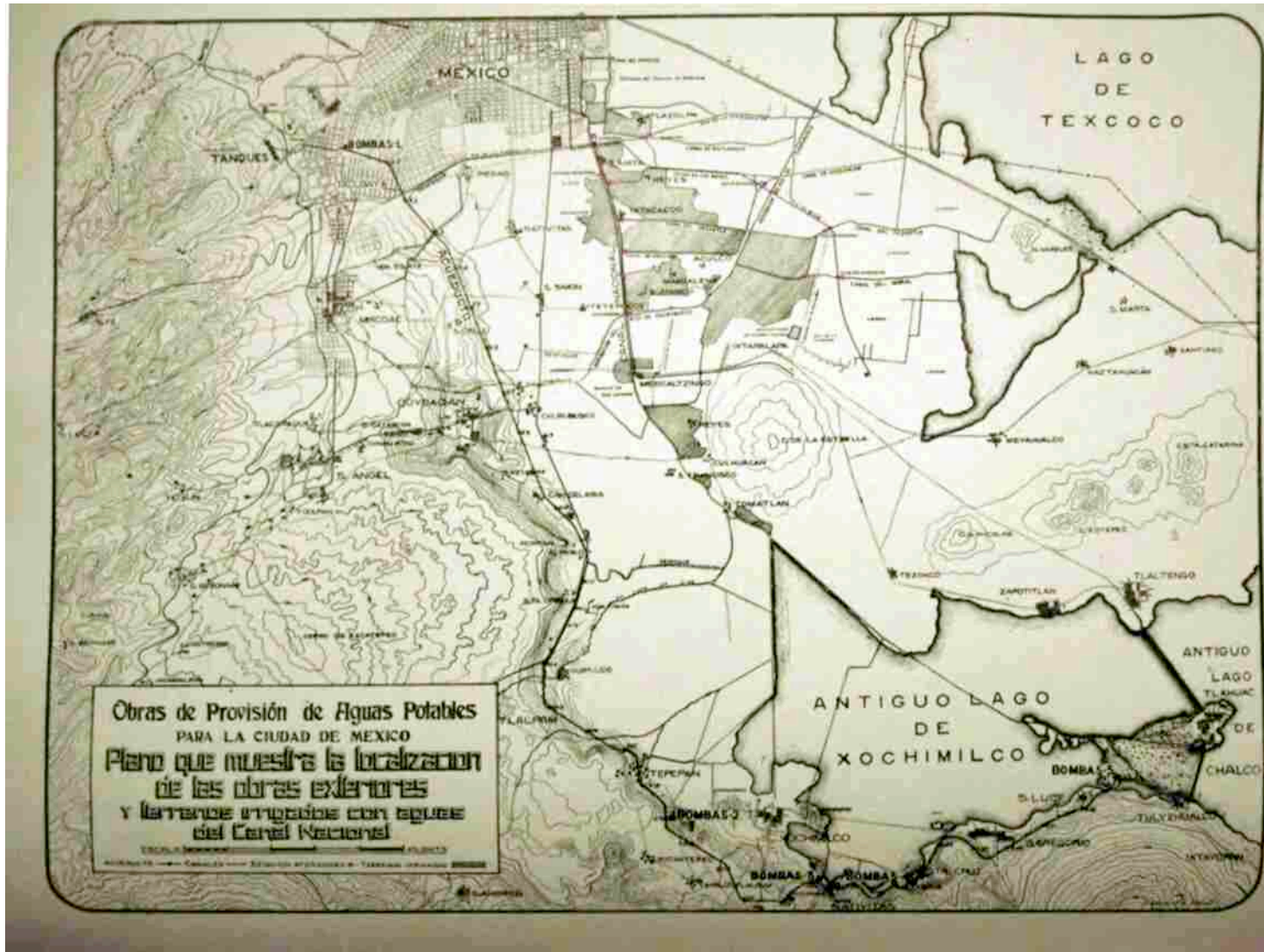


Figura 39. Plano de localización las obras generales del Acueducto de Xochimilco. Memoria de las Obras, Marroquín y Rivera, 1914



Figura 40. Proyecto de Red de Tuberías, incluye todos los circuitos. Marroquín y Rivera, Proyecto de distribución de Aguas de la Ciudad de México, 1901. Puede observarse que no hay circuitos proyectados sobre las colonias Juárez, Condesa y Cuauhtémoc.

La decisión de construir las bombas a un nivel lo suficientemente bajo para que el agua entrara a las bombas con presión, obligó a construir cámaras impermeables que fueron realizadas con grandes precauciones para evitar la filtración de agua través de sus paredes. Estas cámaras fueron hechas de cemento armado y su construcción requirió el empleo de procedimientos adecuados dadas las dificultades con que tropezaban para colocarlas a niveles muy bajos respecto al agua que brotaba en abundancia en las excavaciones donde fueron situadas.

Las Cámaras de las Bombas de San Luis y de la Noria fueron ejecutadas en distinto lugar del aquel que ahora ocupan. La construcción fue hecha de tal manera que pudieran llevarse a sus locaciones definitivas flotando como cascos de barco. Una vez en su sitio fueron lastradas para hacerlas bajar al nivel apropiado.

Descripción arquitectónica

La Casa de Santa Cruz forma junto a la de San Luis el punto más alejado del sistema del acueducto. Tiene una planta rectangular con dos elementos claramente diferenciados, la casa principal y la cámara de captación más baja. Se accede a ella a través de una gran puerta metálica, que tiene dos ventanales a los costados, la puerta y las columnas están enmarcadas con elementos de cantera rectangulares y almohadillados. La fachada, de 9 metros de altura, tiene dos columnas que dividen de forma vertical recreando tres cuerpos. De forma horizontal, la fachada posee un basamento de granito, un cuerpo intermedio donde están localizadas la puerta y las ventanas verticales y un cuerpo de remate con elementos horizontales que se rompen en la puerta, creando un fuerte elemento de remate, lo que acentúa la jerarquía de acceso. La estructura es metálica y el techo es a dos aguas, con grandes vigas. La cañería principal sale de forma lateral por debajo del nivel del piso de acceso.

La zona de la cámara de captación esta conformada por paredes de concreto armado y cuatro columnas, que sostienen la cubierta, es de menor altura que la casa principal y permite el acceso del agua del lago, captando directamente las aguas del manantial. La zona de las bombas se encuentra en el cuerpo principal, y las dos bombas se encuentran soterradas a 3.70 metros, cada una de forma individual. En el exterior, la casa se encuentra rodeada por un senda de concreto que permitía acceder, rodeando la cámara de captación, a través de una escalinata pequeña al lago.

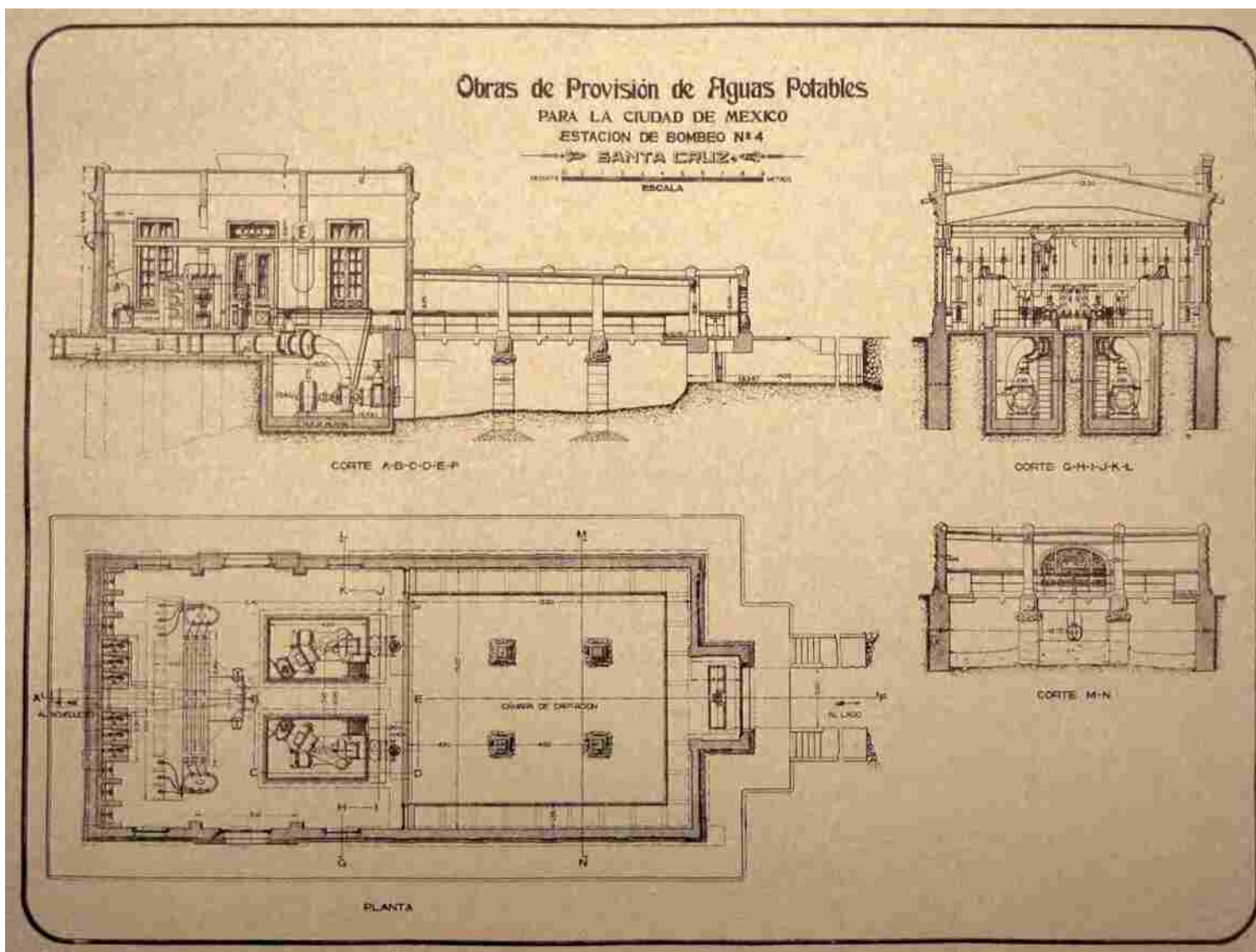


Figura 41. Plano de la casa de bombas de Santa Cruz. Obras de Provisión de Aguas Potables para la Ciudad de México, 1914

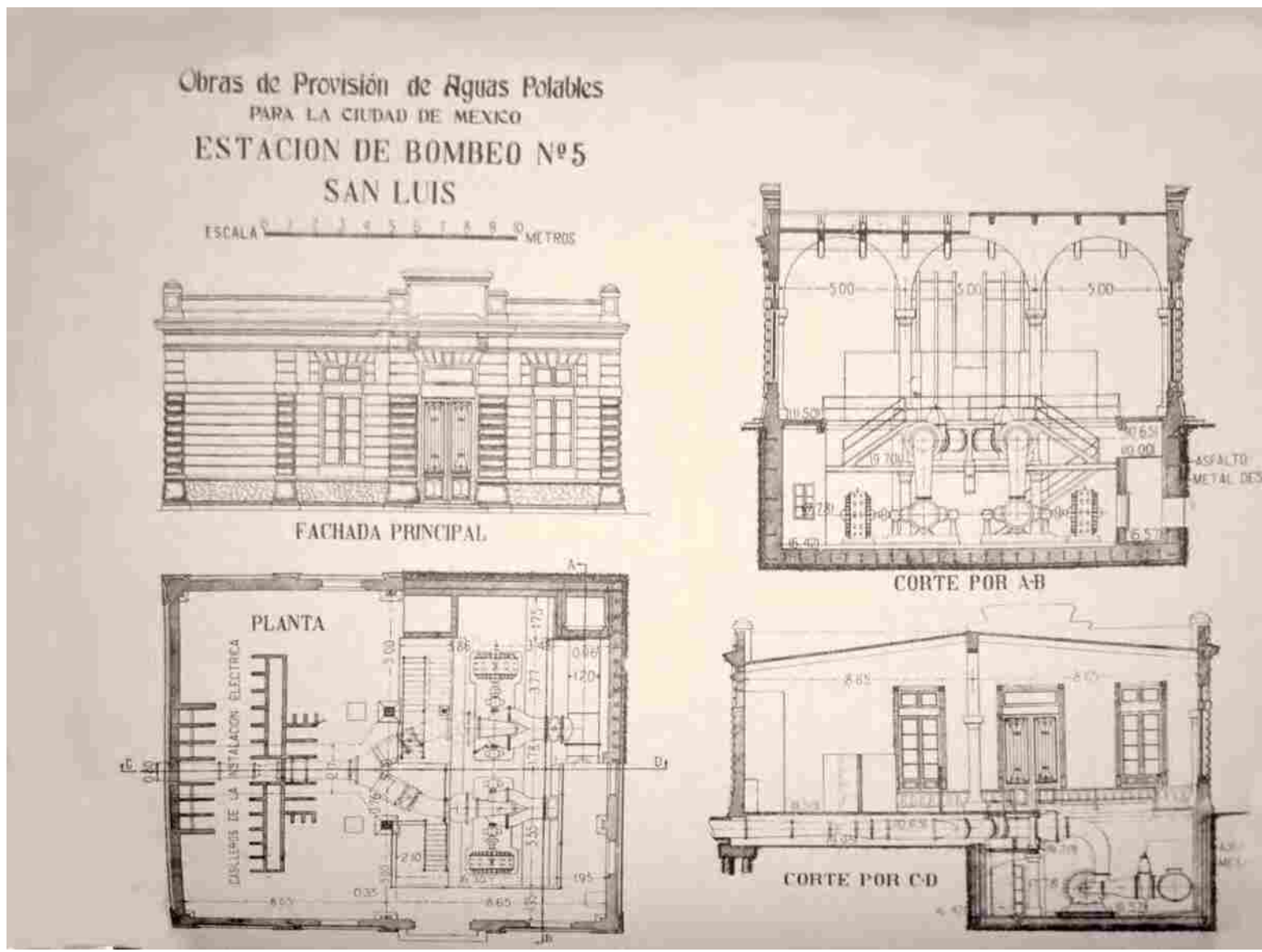


Figura 42. Plano de la casa de bombas de San Luis. Obras de Provisión de Aguas Potables para la Ciudad de México, 1914

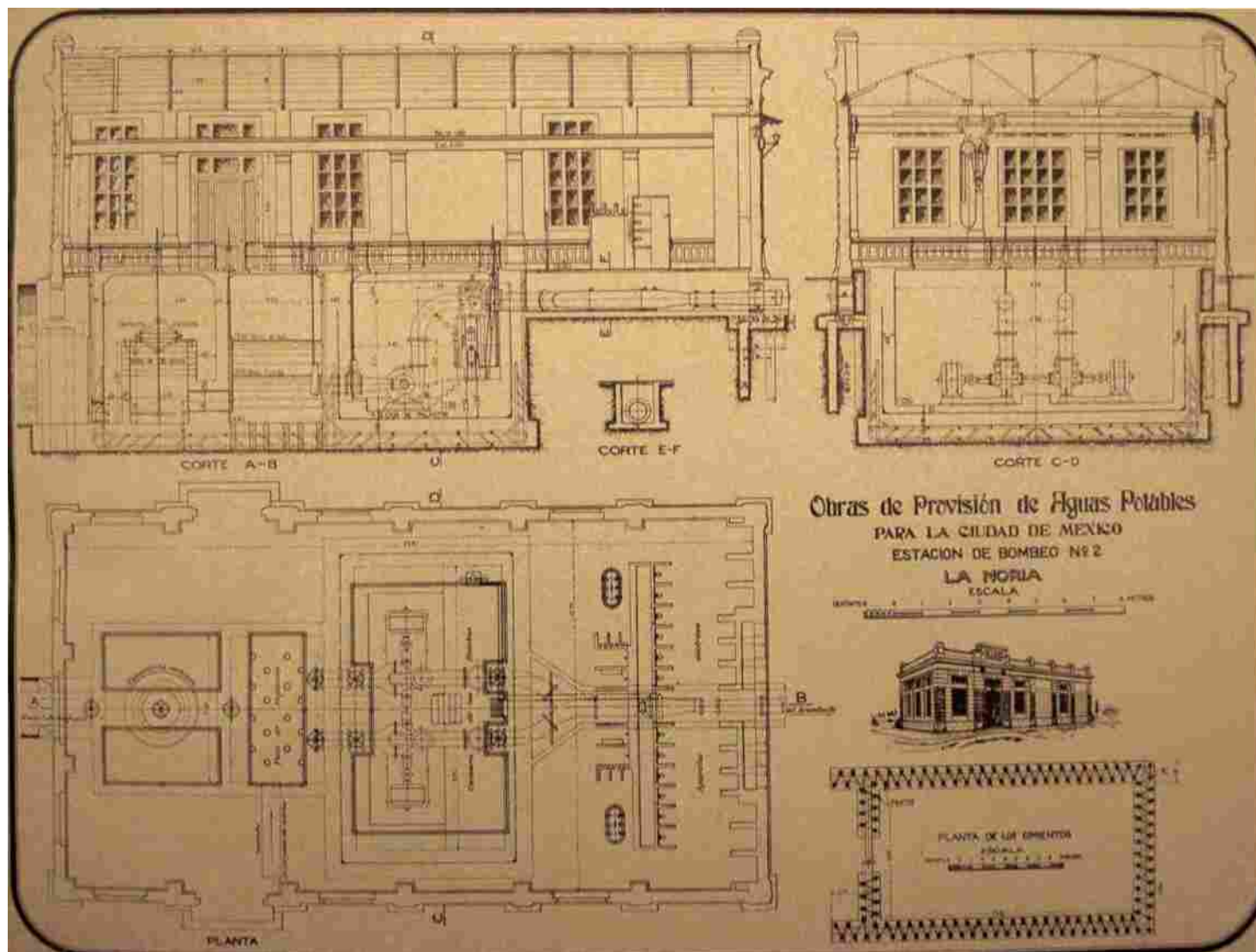


Figura 43. Plano de la casa de bombas de La Noria. Obras de Provisión de Aguas Potables para la Ciudad de México, 1914

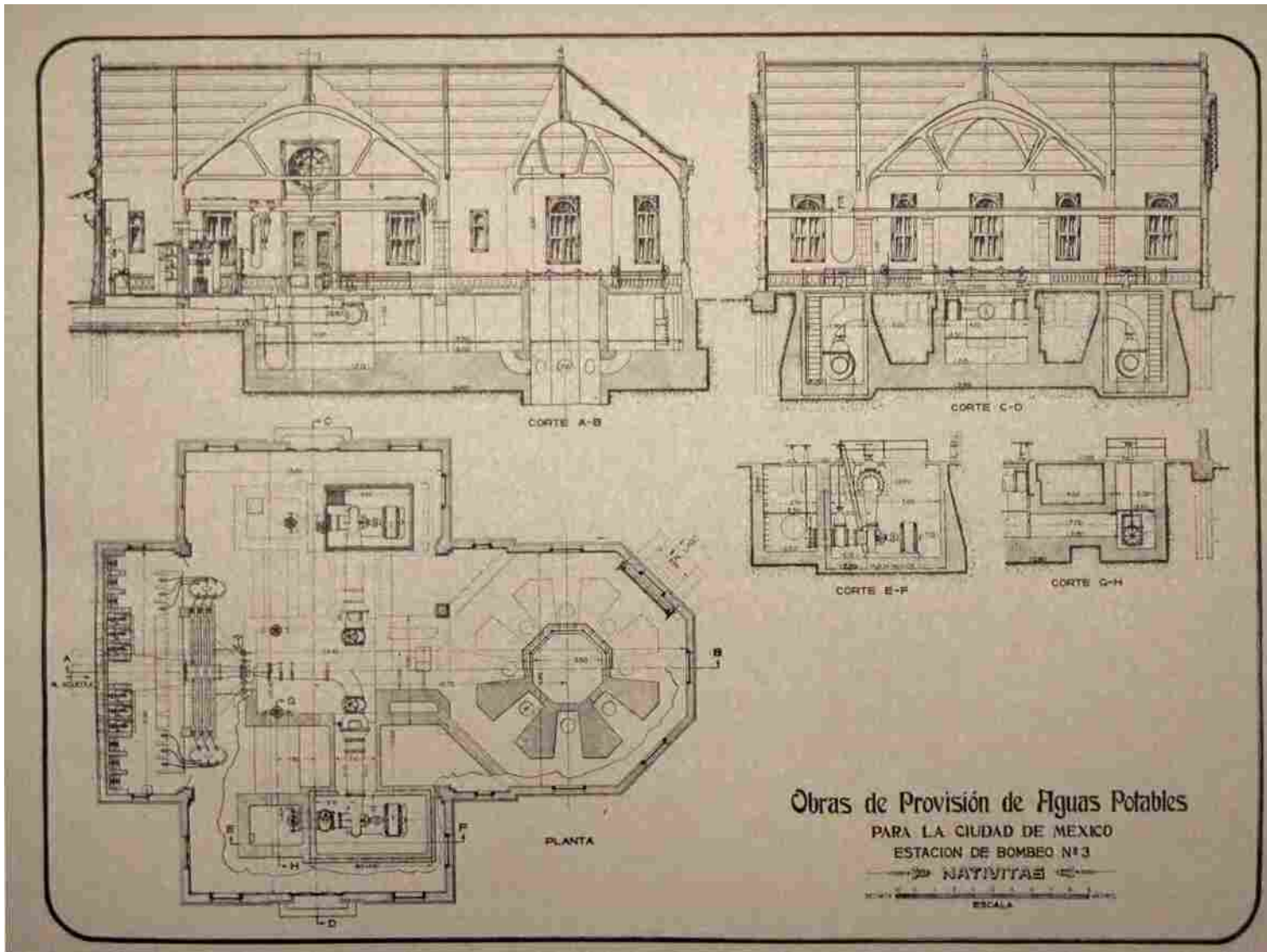


Figura 44. Plano de la casa de bombas de Nativitas. Obras de Provisión de Aguas Potables para la Ciudad de México, 1914

La casa de San Luis corresponde a una construcción de carácter porfiriano, de planta rectangular. La fachada principal consiste en un gran acceso a través de una puerta metálica, enmarcada a través del uso de la cantera como elementos rectangulares almohadillados que recrean un marco, la puerta tiene a los costados dos grandes ventanas y presenta una asimetría sobre el lado izquierdo, ya que el carácter rectangular de la planta se ve reflejado aquí en un entre-eje sin ventana.

La fachada, de 10 metros de alto, se subdivide en tres grandes cuerpos, el primero es el basamento realizado en granito, el segundo comprende la altura de la puerta, el cerramiento horizontal, enfatizando la viga, más el espacio de ventilas que remata a la puerta principal y a los dos grandes ventanales, por ultimo, la fachada tiene un remate muy bien logrado de elementos horizontales y recrea sobre la puerta un cuerpo de remate escalonado.

Las esquinas presentan pequeños rectángulos rematados con elementos piramidales. En planta el edificio tiene un espacio a un costado del acceso donde se localizan los casilleros de la instalación eléctrica y la zona de bombas se encuentra localizada en un nivel inferior a -6.50 m., al cual se accede a través de una escalera metálica. La separación entre los dos espacios tiene una estructura con tres grandes arcos.

Si se observa bien el corte se puede apreciar la salida de la gran cañería de agua, por abajo del nivel del piso de acceso, en este plano se observa también algunos de los elementos constructivos del edificio, en la cámara subterránea se utilizó asfalto como impermeabilizante externo y metal desplegado en las paredes para impedir filtraciones. La estructura es metálica y sostiene un techo a dos aguas, que no es visible desde el exterior.

La casa de Bombas de La Noria es un edificio de planta rectangular al que se accede a través de una gran puerta de metal a un nivel 40 cm más alto que el terreno, existe un primer espacio en este nivel que funciona como vestíbulo, las bombas, como en San Luis se localizan en un nivel inferior. Los muros fueron hechos de ladrillo con columnas y traveses de concreto.

La cubierta corresponde a una armadura metálica de arco rebajado. El exterior se encuentra cubierto de piedra y se divide en tres grandes elementos, el basamento liso de piedra más dura, un primer cuerpo donde se encuentran las ventanas verticales, a su vez dividido por una trabe perimetral enfatizada en fachada que permite tener un sistema de ventilación en la parte superior y finalmente un remate perimetral con cornisa y pretil que está enfatizado en las cuatro

esquinas con pequeñas torretas y en el acceso principal encima de la puerta. Las cuatro esquinas también tiene elementos sobresalientes de piedra a modo de pilares. Las ventanas son verticales, de herrería metálicas con una pequeña ventila arriba de la primera trabe. La fachada principal es netamente rectangular, con entrecalles de cantera almohadillada a modo de pilares y posee tres ventanas, dos al costado de la puerta principal y una después de un entre-eje sin ventana. La fachada posterior conserva las mismas características que ésta. La fachada secundaria posee tres grandes ventanales verticales. Tiene una planta de 25 por 12 metros y una altura de 8 metros en fachada.

La casa de Bombas de Nativitas es de todas la que posee un carácter más pintoresco, realizada en estilo ecléctico porfirista, tiene una planta en forma de cruz, ligeramente alargada, posee dos accesos sobre el lateral más corto. Los techos son a dos aguas y rematan en un muro escalonado lo que le da un aire muy característico.

Las fachadas de acceso tienen un oculus encima de la puerta metálica de acceso, dos ventanas laterales la completan. Está constituida por tres cuerpos, el basamento de piedra irregular, con un remate horizontal, un segundo cuerpo donde se encuentran las ventanas, adornado con tiras horizontales de piedra, con acabado irregular, que contrastan con el espacio perfectamente liso entre ellas. Las ventanas terminan en un arco de medio punto y tienen un marco retraído de cantera. La puerta principal es rectangular y posee una entrecalle muy desarrollada entre ella y el oculus. Este segundo cuerpo remata en friso compuesto por una serie de elementos geométricos semicirculares que sobresalen de la fachada, sobre ellos una línea de cantera recorre toda la geometría del edificio. Finalmente el muro remata en forma de triangulo con una serie de elementos horizontales enfatizados con pequeñas techumbres inclinadas, realizadas en cantera.

En las esquinas más bajas, dos pirámides invertidas cierran el triangulo. La fachada secundaria posee un oculus en la parte superior y unas pequeñas ventanitas góticas en el segundo cuerpo. Finalmente, el lado más largo de la cruz, diseñado en forma de ábside, posee ventanales verticales en cada una de sus caras terminados en un arco de medio punto. La estructura del techo es metálica y genera dos grandes espacios abovedados al interior, uno sobre la zona del ábside y uno en el eje de los dos accesos laterales, donde se juntan los dos cuerpos de la cruz.

El espacio al interior tiene dos espacios diferenciados, el del ábside que da lugar a la cámara de captación y la zona de bombas a las cuales se accede a través de unas escalerillas laterales.

La zona del ábside tenía un acceso al lago. En el corte del plano se aprecian con claridad las estructuras proyectadas para poder tener las bombas y la cámara de captación a un nivel muy bajo, lo que generó grandes elementos de concreto armado de más de un metro de espesor.

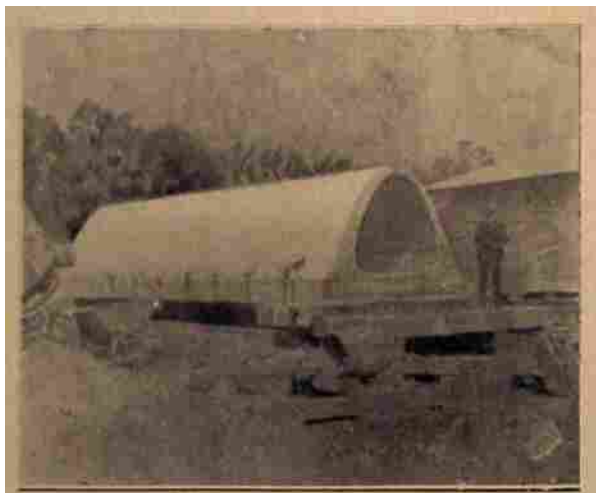
Acueducto

Entre las Obras de Captación y la Ciudad de México se construyó un Acueducto de sección ovoidal, empezaba en los manantiales de Santa Cruz y llegaba a la Colonia Condesa, con una longitud de 26 kilómetros. El acueducto presentaba una pendiente de 30 centímetros por cada kilómetro, con una capacidad para llevar 2,300 litros por segundo. Fue realizado en concreto amado, empleando como armadura láminas de metal desplegado.

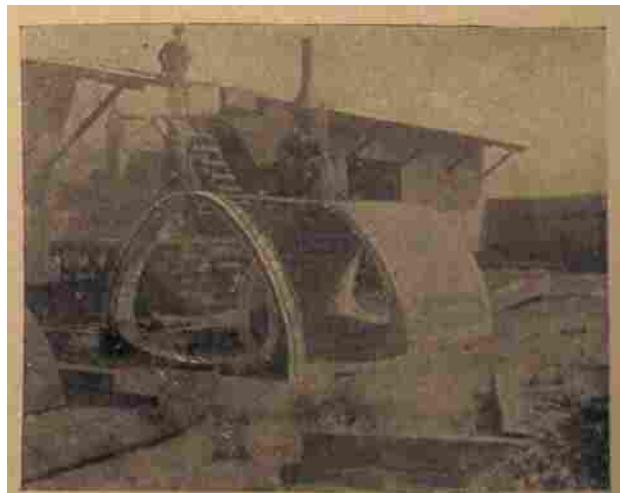
La construcción del acueducto se inició el 18 de julio de 1905 y se terminó el 22 de julio de 1908. A lo largo del acueducto se construyó una línea férrea de 90 cm. que transportaba los materiales para el acueducto y las otras obras.

El acueducto presentaba columnas de ventilación que servían tanto para permitir la entrada y salida de aire y como postes que marcan las distancias recorridas. Cada cinco kilómetros aproximadamente se realizó una construcción especial en donde había un vertedero de demasías, destinado a dejar pasar el agua excedente y a evitar que el nivel del agua por alguna circunstancia subiera a un nivel perjudicial. En cada una de estas cámaras se dejó un desfogador que permitiría llevar las aguas sobrantes al Canal de la Viga.

Entre las obras de captación de Santa Cruz y San Luis, que es la más remota, se estableció un acueducto de menores dimensiones, con una sección circular de 1.40 metros de diámetro, hecho de cemento armado con un doble refuerzo de barras corrugadas. El sistema presentaba unos anillos de unión, que enlazaban los diferentes tramos, que fueron construidos diariamente y que intencionalmente se dejaron sin unir, para esperar la acción del tiempo (asentamientos) y la contracción del cemento que se produce en un largo periodo después del fraguado.



Tramo de Acueducto apoyado sólo en sus extremos y con un claro libre de 8 metros.



Construcción de un tramo de Acueducto para experimentar la presión del agua.

Figura 45. Tramo de acueducto Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

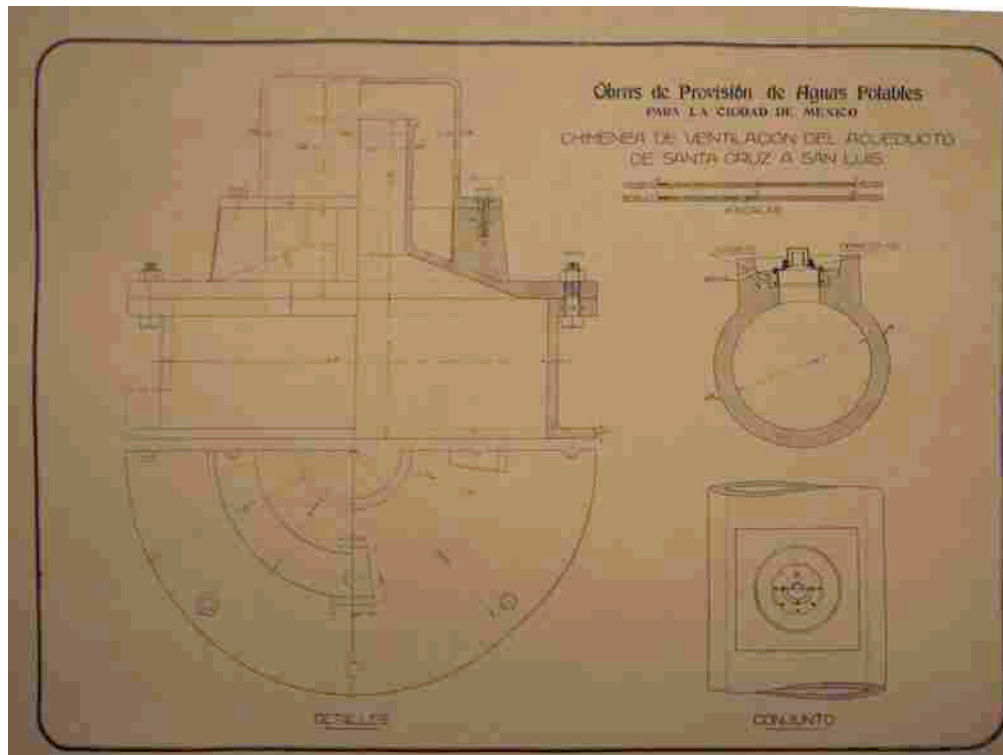


Figura 46. Detalle de Chimenea de ventilación en el acueducto de San Luis. Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

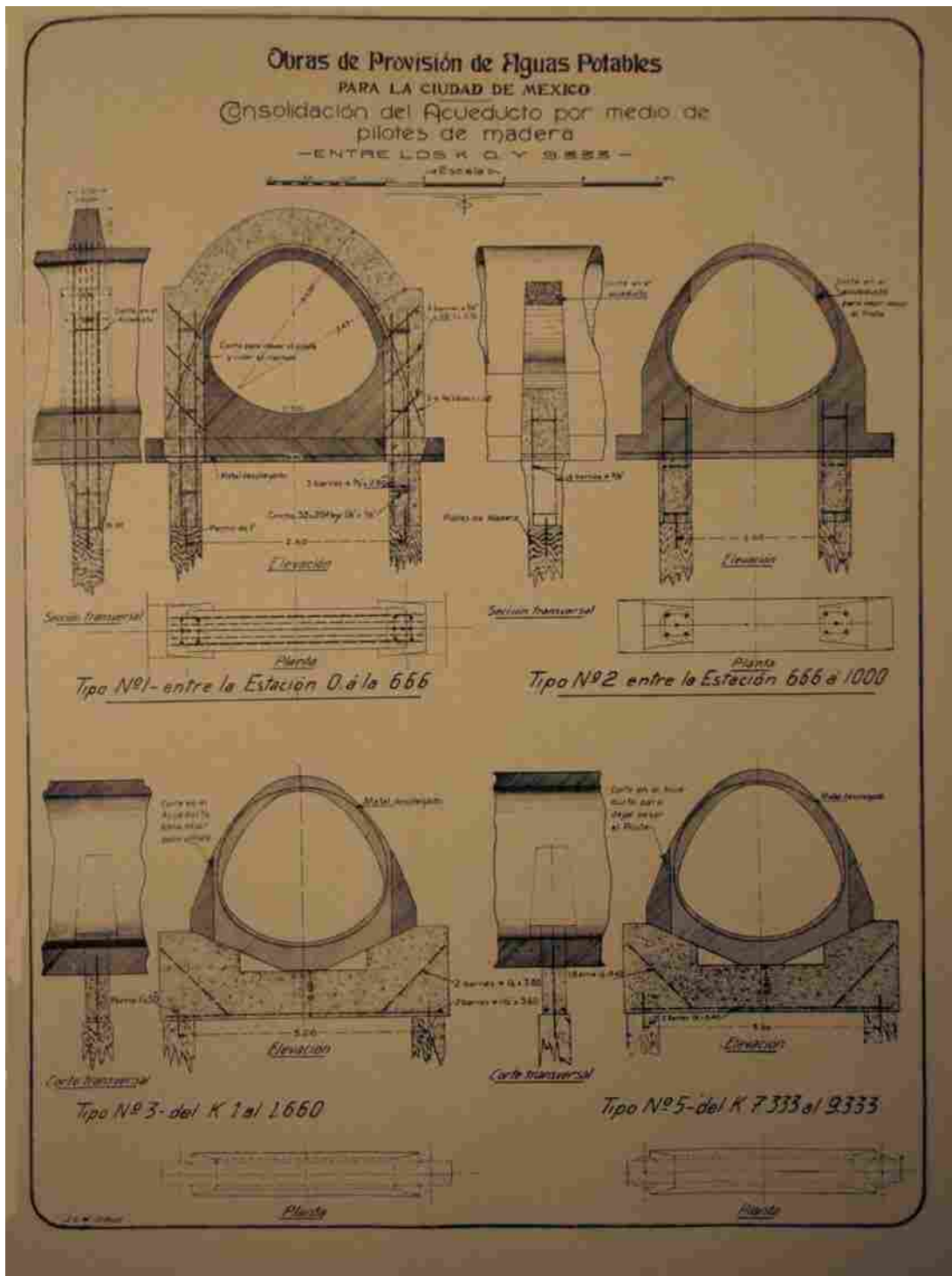


Figura 47. Consolidación del acueducto principal con pilotes. Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914.

Instalación de Bombas N° 1

En terrenos de la Colonia Condesa se construyó la principal estación de Bombeo que servían para dar la presión necesaria a las aguas provenientes del acueducto.

A partir de 1908, se inició el bombeo desde los manantiales de La Noria, que llevó las aguas de Xochimilco a la Alberca de Chapultepec, a través de la cual se distribuyó a la ciudad, mejorándose el suministro de agua. Posteriormente con la Instalación de las Bombas de la Condesa, las aguas de la Alberca sería llevadas a través de un gran tubo a esta instalación para de ahí ser distribuidas a la Ciudad.

Las aguas del acueducto de Chapultepec suministraban 250 litros por segundo, de manera que en la Estación de Bombas de la Condesa se elevaba un volumen de 2,350 litros por segundo.

La instalación de Bombas consistía en cuatro bombas centrífugas, cada una con capacidad para elevar 850 litros por segundo en condiciones normales y siendo capaces de aumentar su trabajo en un 25%, hasta 1060 litros por segundo, siendo necesarias solamente tres, pero contemplada una cuarta en caso de accidente. En 1910 se habían colocado solamente dos bombas.

De acuerdo al mismo sistema con el que se localizaron las bombas de las Obras de Captación, en la Condesa se instalaron las bombas a un nivel lo suficientemente bajo, para que quedaran dominadas por el nivel del agua, y por esto fue preciso construir una cámara de cemento armado, reforzada en lo debido para poder resistir las presiones del agua exterior.

En 1910, la construcción se encontraba completa, faltaban de colocar dos bombas centrífugas y las bombas que debían elevar el agua de Chapultepec al mismo nivel de las que llegan de Xochimilco.

Faltaban también por terminar las fachadas, sobre todo la principal, donde estaba proyectada una gran fuente, diseñada también por el Ing. Alberto J. Pani, que finalmente no fue construida. Pani fue encargado también de la decoración interior del edificio.

La parte hidráulica y la ejecución de toda la construcción estuvo a cargo del ingeniero Modesto C. Rolland en la parte relativa al proyecto y del ingeniero Guillermo Rode, en la construcción.

Descripción arquitectónica

La casa de las bombas de la Condesa era el edificio más importante y monumental de todo el conjunto del acueducto. Dejó de funcionar en 1940 y en 1975 se demolió para dar paso a la ampliación de las Av. Patriotismo y Alfonso Reyes, la fachada de piedra y la primera crujía se trasladaron a Tlalpan, quedando integradas en la nueva construcción de la Casa de Cultura de Tlalpan, proyecto expresamente diseñado para incluirla, realizado por el Arq. Pedro Ramírez Vázquez.

La fachada principal se encuentra dividida en tres entrecalles, la principal corresponde al cuerpo central, se encuentra separado de los otros cuerpos por dos grandes pilares, en el centro hay un nicho de grandes dimensiones conformado por cuatro columnas jónicas que sostienen una bóveda semicircular, rematada por un arco de medio punto frontal, es en este cuerpo principal dónde en el proyecto original se incluyó una fuente monumental que nunca fue construida.

De forma horizontal también se encuentra dividido en tres, presenta un basamento de gran altura, un primer cuerpo constituido por el gran nicho, y un espectacular remate con un primer friso mas sencillo y una gran cornisa que sobresale 40 cm del paño de fachada y un segundo friso decorado que remata en una cornisa dentada.

Los dos pilares tienen una decoración vertical asentada sobre piedra lisa y esculturas que sobresalen del conjunto en la parte inferior cuenta con dos pequeñas aberturas verticales.

Los dos cuerpos laterales, de menor altura, permitían el acceso a través de dos grandes puertas metálicas, encima de ellas y separadas por una entrecalle lisa se localizan las ventilas, del mismo ancho que las puertas y medio metro de altura.

Estos cuerpos rematan en la parte superior en un friso decorado, en las esquinas del edificio hay dos grandes pilares, también con cantera labrada de forma horizontal, de menor altura que los del cuerpo central y que rematan en un paralelepípedo decorado, seguido de un pináculo apiramidado que termina en un remate semicircular. La decoración del edificio utiliza motivos como tortugas, serpientes y plantas.

Se accedía al conjunto a través de una escalera monumental que permitía acceder a una plataforma horizontal que daba acceso a las dos grandes puertas laterales y un gran espacio central donde hubiera estado colocada la fuente.

La plataforma rodeaba el edificio, en cuya parte trasera contaba con dos escaleras que permitían acceder al nivel de la calle.

En su ubicación actual, en el cuerpo central se abrieron las grandes puertas acristaladas de acceso en el lugar de las entrecalles del nicho y las puertas originales fueron convertidas en ventanas con vitrales, las ventilas superiores fueron cerradas con cantera.

Las fachadas laterales, de menor altura, poseían cinco cuerpos divididos por pilastras, el primer cuerpo corresponde al acceso monumental de la fachada principal y estaba cubierto de cantera trabajada de forma horizontal, en este primer cuerpo había una ventana vertical, este primer cuerpo tenía la misma altura que la fachada principal.

En el resto de las entrecalles el edificio presentaba un acabado de aplanado del que sobresalían las pilastras realizadas en cantera y aparejo horizontal, en la segunda y en la quinta, se localizaba una ventana vertical con marco de cantera, incluido en un friso horizontal que recorre las tres fachadas secundarias. En la tercera y la cuarta había unas ventilas en la parte superior del friso.

Las dos fachadas remataban en una cornisa con un pretil en la parte superior, las pilastras poseían un remate de carácter piramidal terminado en un semicírculo.

La fachada posterior se encontraba también dividida en tres cuerpos, en el central se localizaron dos puertas metálicas de acceso con remate de ventilas y marco de cantera, separadas por dos columnas jónicas, en los dos cuerpos laterales tenía dos ventanas verticales, con ventilas en la parte superior y marco de cantera, la fachada poseía cuatro pilastras, dos cerraban el cuerpo principal y dos se encontraban en las esquinas.

El edificio tiene como remate una cornisa y un pretil con un friso decorado con tiras horizontales, arriba, en el mismo eje de las dos columnas jónicas contaba con un remate semicircular .

El edificio, de planta rectangular contaba en un primer nivel situado al nivel del acceso con un espacio para la localización de los tableros eléctricos sobre el lado izquierdo del rectángulo y unas pequeñas escaleras que descendían al nivel donde se localizaba las bombas, situadas 7 metros abajo del nivel de acceso. Cada par de bombas se conectaba con un tubo de distribución. El techo, de estructura metálica, consistente en dos arcos rebajados, se apoyaba en una viga asentada sobre columnas al centro del edificio.

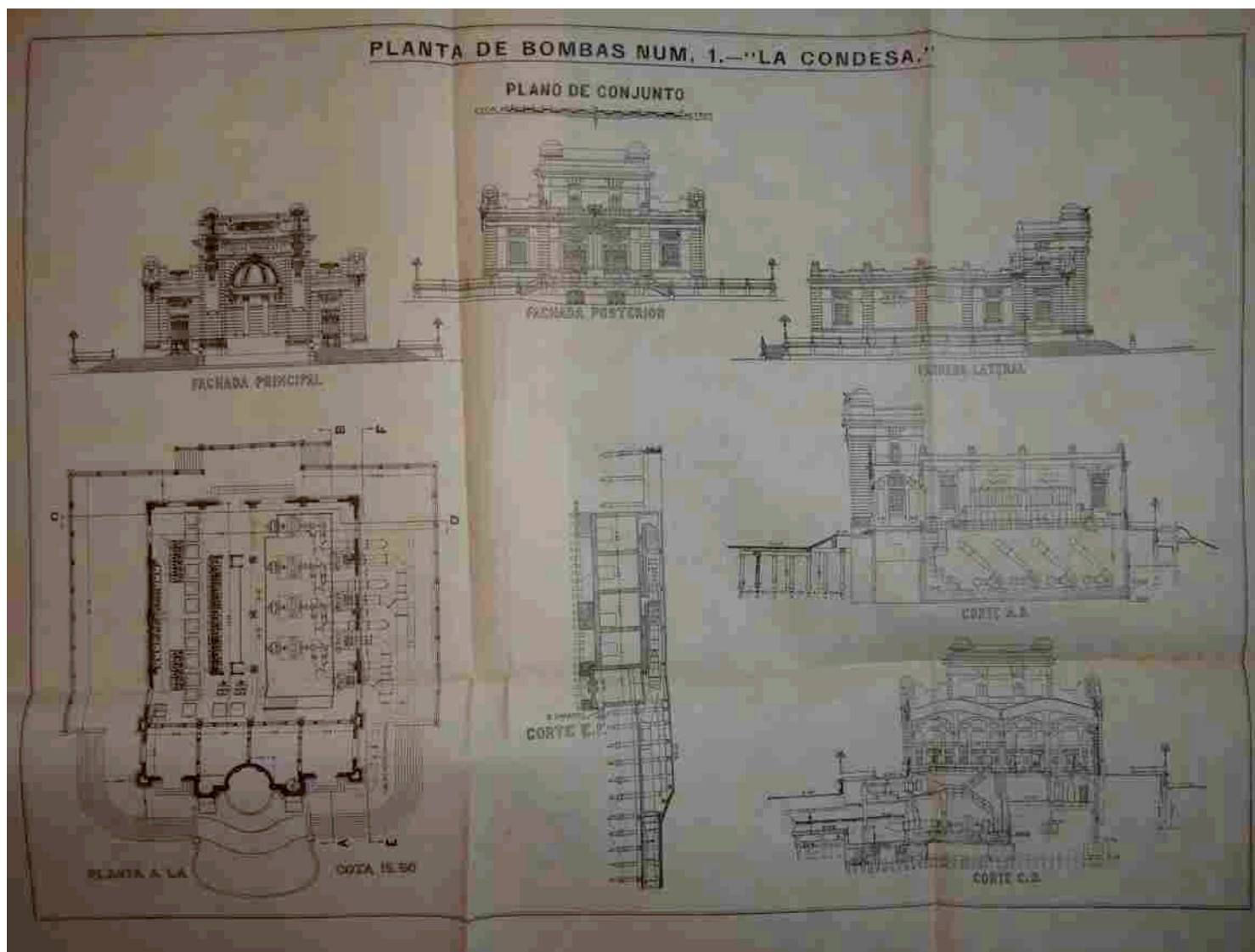


Figura 48. Plano de la casa de bombas de la Condesa. Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

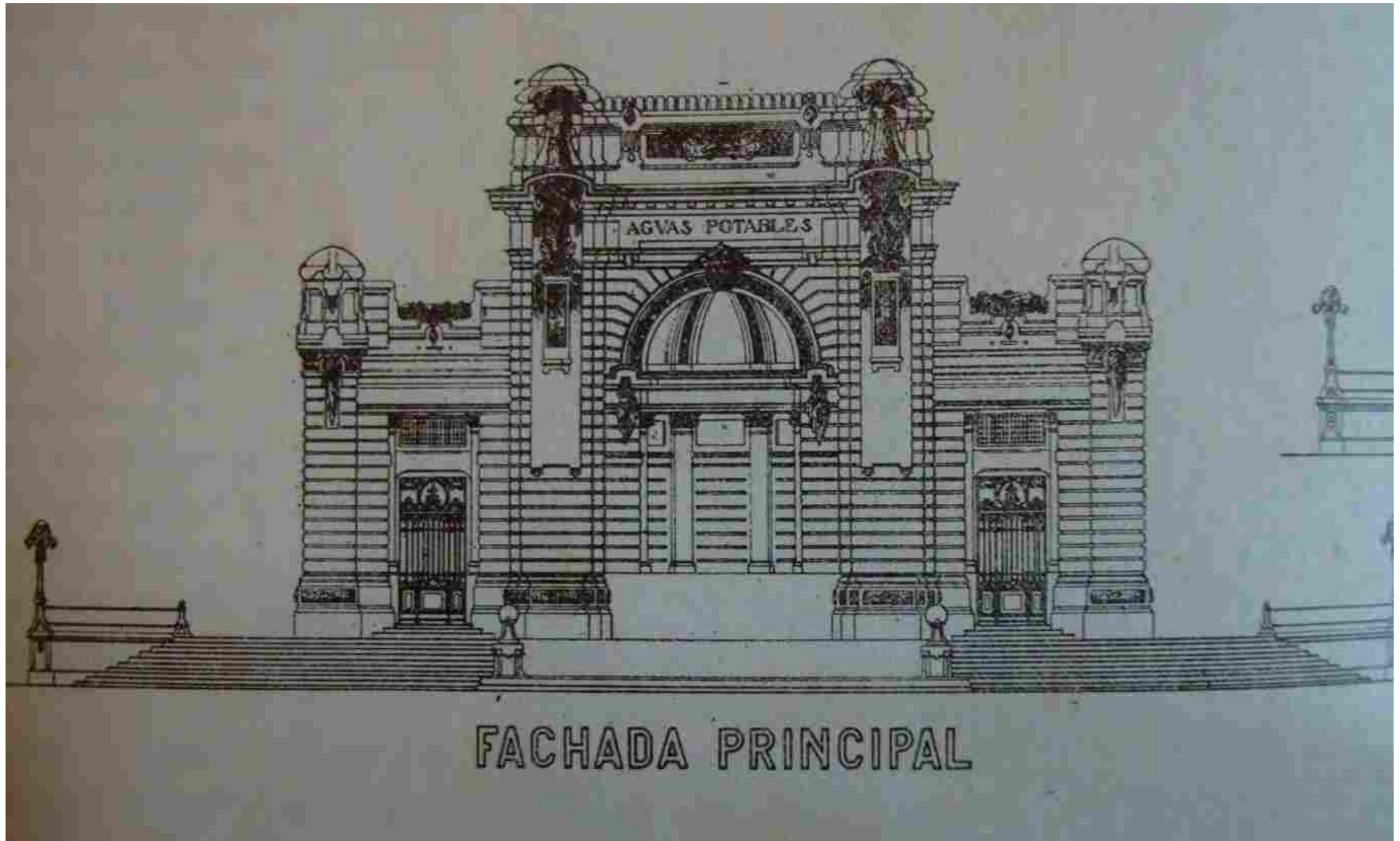


Figura 49. Fachada de la casa de bombas N°1, Condesa
Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

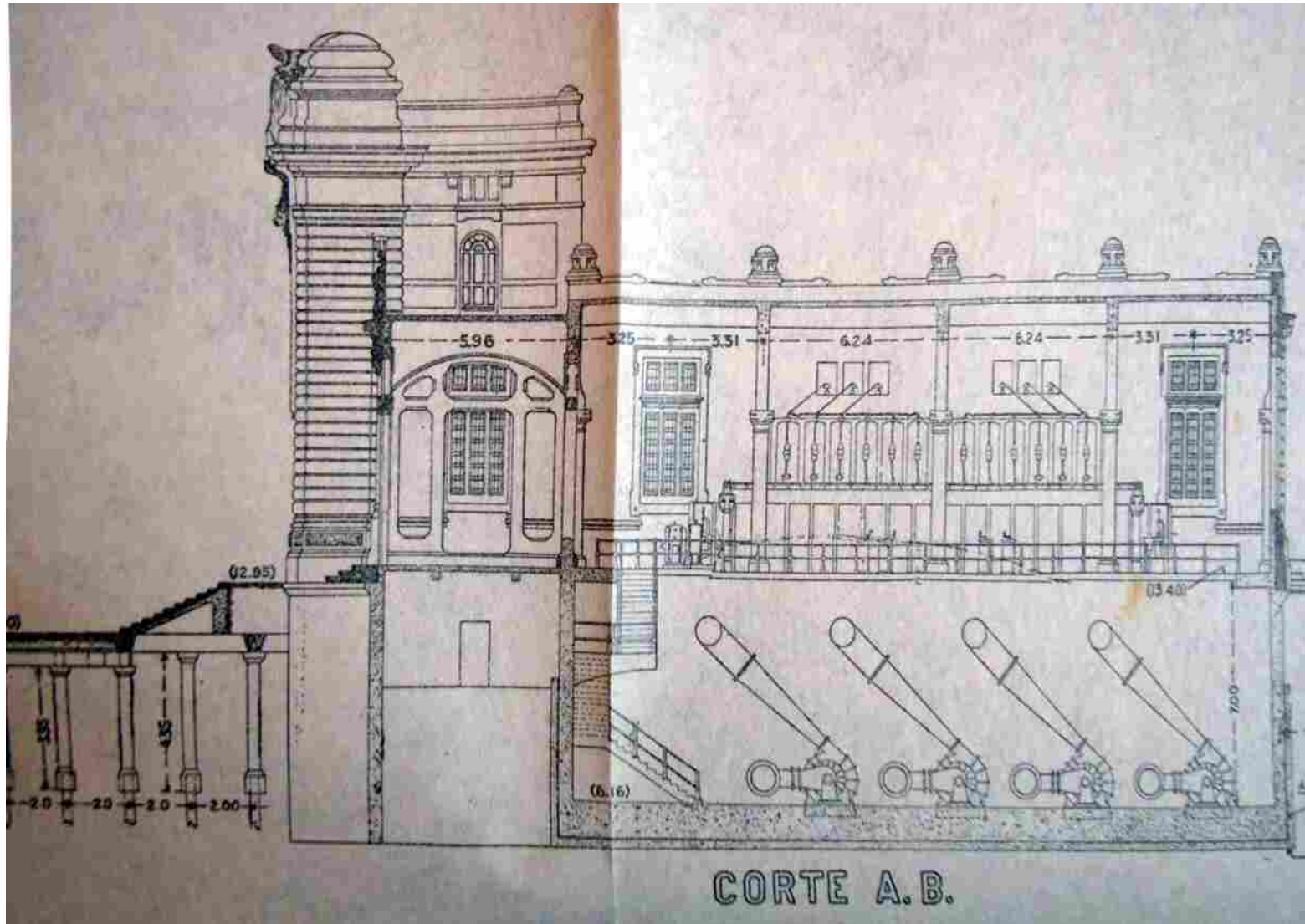


Figura 50. Corte A-B de la Casa de Bombas N°1
Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

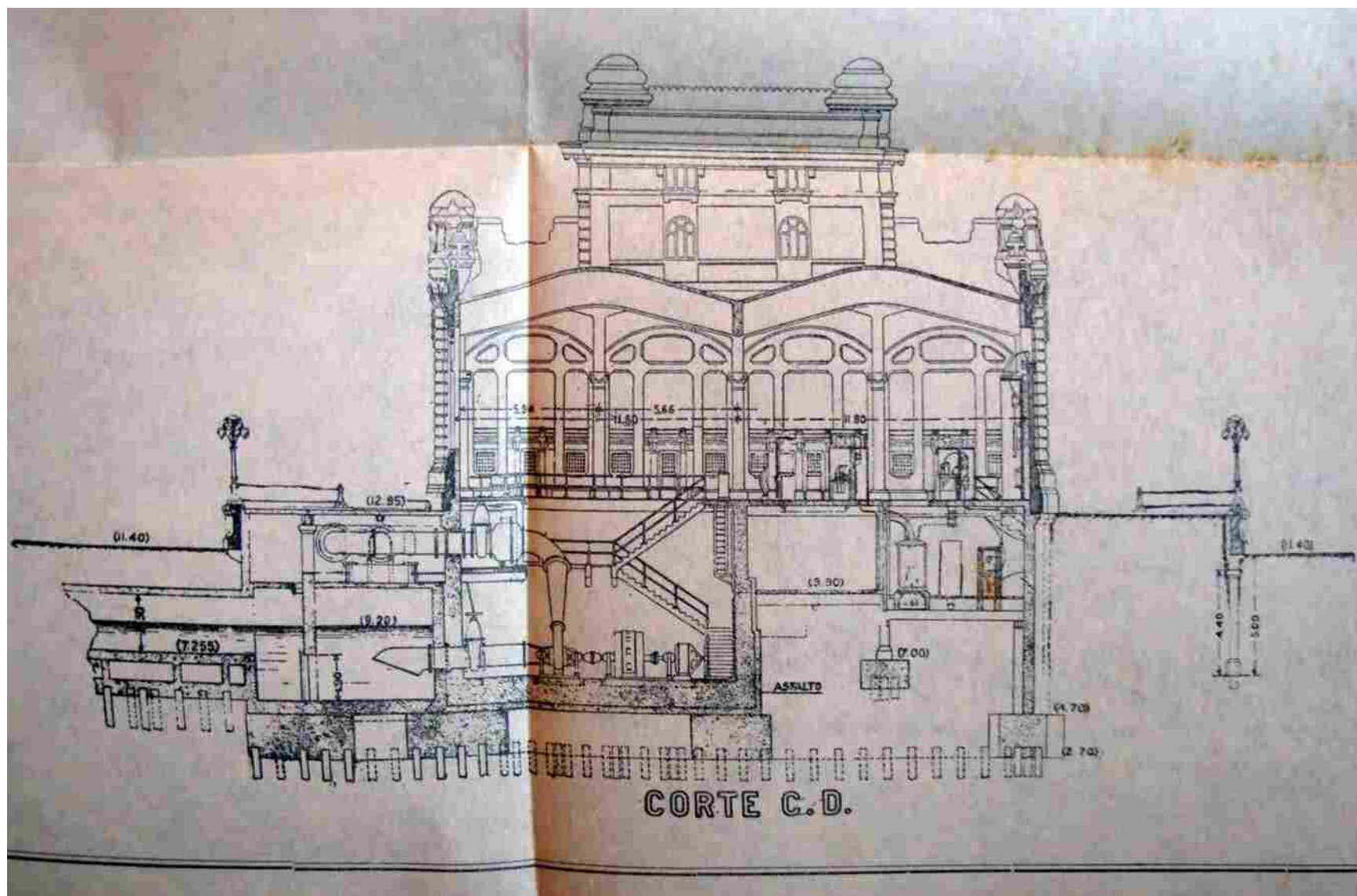


Figura 51. Corte C-D de la Casa de Bombas N°1
Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

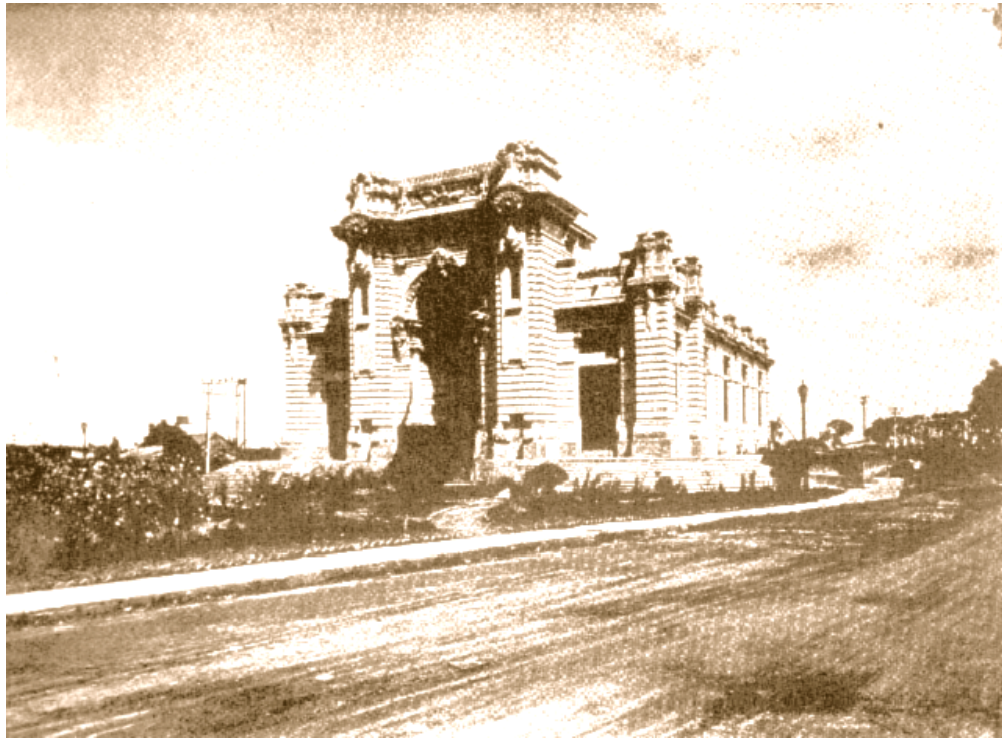


Figura 52. Casa de Bombas de la Condesa en su ubicación original. Fuente: México en el Tiempo, El Universal, Colección Villasana.



Figura 53. Casa de Bombas de la Condesa . Fuente: México en el Tiempo, El Universal, Colección Villasana.

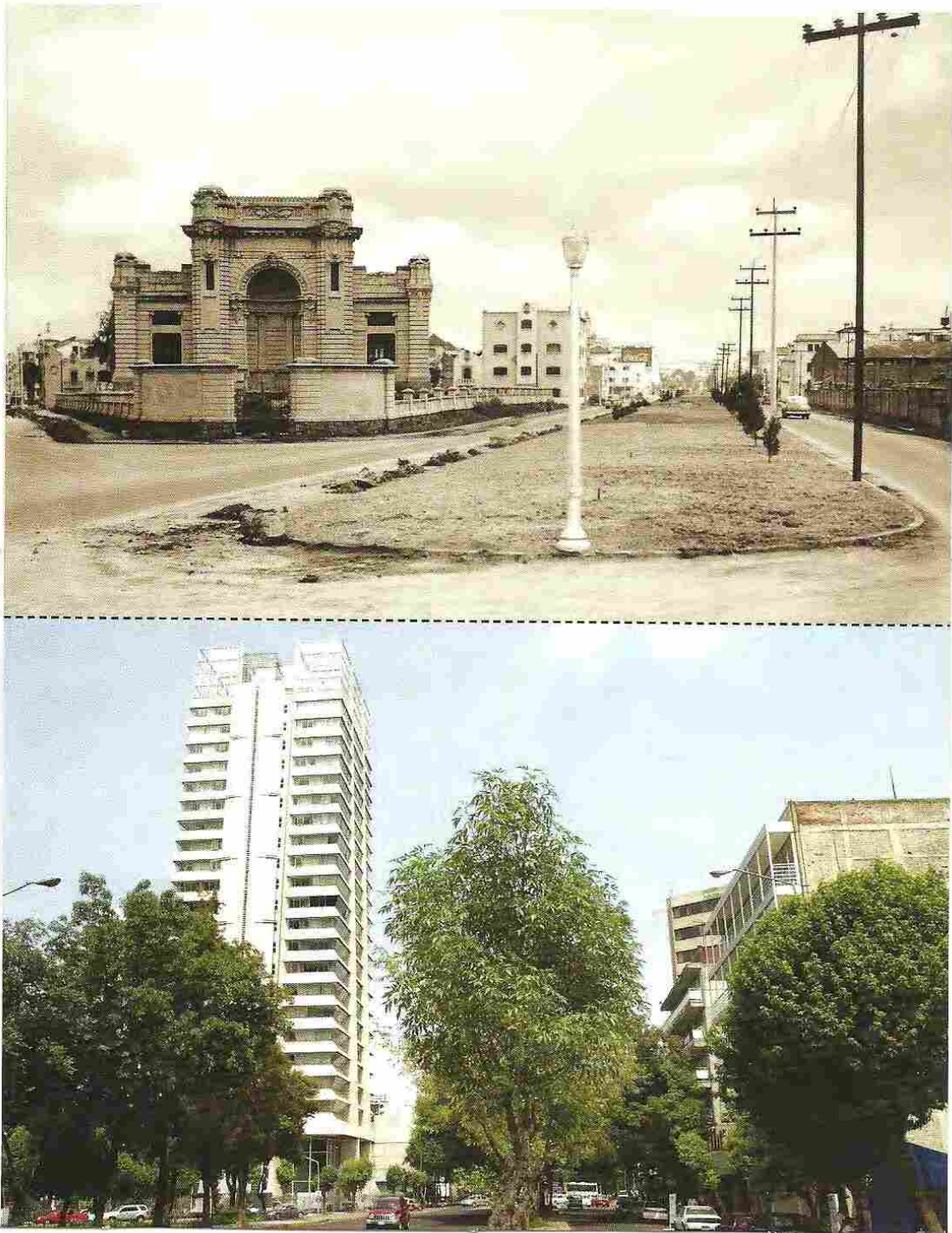


Figura 54. Casa de Bombas de la Condesa en 1906, la misma localización actual. Fuente: México en el Tiempo, El Universal, Colección Villasana.

Cámara de Distribución.

De la Instalación de Bombas salían dos cañerías de fierro fundido de 1.20 m de diámetro, sirviendo cada una de ellas como tubo de descarga a un grupo de dos bombas centrífugas.

A la llegada de los tubos a la Calzada de Tacubaya, entraban a una cámara donde se alojaban las principales válvulas para la distribución de agua.

De esta cámara partían dos tubos de 1.20 de diámetro hacia los depósitos construidos en la Loma de Dolores, con una longitud de 1700 metros, y de la misma cámara partían tres grandes tubos para alimentar la red de cañerías de la ciudad, uno de 1.20 m y los otros dos de 0.90 m de diámetro.

En la cámara de distribución estaban alojadas nueve válvulas que servían para gobernar el movimiento del agua, ya sea dirigiéndola hacia los depósitos distribuidores, o a red de distribución de la ciudad. Ordinariamente el sistema funcionaba dejando abiertas todas las válvulas, de tal manera que el agua bombeada podía dirigirse toda a la ciudad y en las horas del día en que el consumo fuera más grande bajara también el agua de los Depósitos que se unía a la de la Instalación de Bombeo, en estos casos se podía contar con un gasto medio de bombeo de hasta 5000 litros por segundo.

Al presente, la cámara sigue funcionando para la distribución de aguas de la ciudad dentro de un sistema completamente diferente al descrito. Es una edificación rectangular de un nivel, con estructura metálica que forma un techo a dos aguas, las fachadas se encuentran aplanadas y pintadas actualmente de blanco y azul (colores del servicio de agua potable), se encuentra localizada entre las avenidas Patriotismo, Revolución y Alfonso Reyes. Las ventanas se encuentran enmarcadas y el edificio presenta en su conjunto un estilo Art Decó.

Depósitos Distribuidores

Los depósitos tenían como finalidad garantizar una distribución regular del agua y consistían en cuatro tanques de 100 metros de diámetro construidos en la Loma de Dolores.

Cada uno de los depósitos tenía una capacidad de 52,000 metros cúbicos lo que daba un total de 208,000 metros cúbicos entre los cuatro. Su localización obedeció a que era el punto más

cercano a la Ciudad con mayor altura donde se pudo obtener la superficie necesaria para construirlos.

Están localizados en un terreno resistente por lo que no presentaron complicaciones en su construcción, además de ser un terreno bastante seco, donde el agua de infiltración se encuentra a más de 30 metros de la superficie, por lo que no era de temerse una contaminación por agua proveniente del subsuelo.

Se construyeron los receptáculos cubiertos para impedir también cualquier tipo de contaminación por gérmenes transportados por el aire. Los cuatro receptáculos fueron construidos con cemento armado, revistiéndose el fondo y las paredes con una capa de cemento armado con barras de acero corrugadas. La cubierta fue hecha con el mismo sistema, y descansa sobre columnas construidas al interior de cada depósito, armadas con barras longitudinales y cinchos para aumentar su resistencia. Para la cimentación se construyeron trabes de cemento armado de forma circular concéntricas, ligadas entre si por nervaduras radiales, aplicándose también refuerzos de barras corrugadas.

Sobre las cubiertas de los Depósitos se colocó una gruesa capa de tierra vegetal teniéndose la idea de hacer posteriormente arreglos de jardinería y de hacer un parque en dicho sitio, para lo cual la Junta Directiva adquirió un terreno de 60 hectáreas contiguo a los terrenos de Chapultepec, estos terrenos son el origen de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.

Los depósitos tenían la capacidad de almacenar el agua requerida por la Ciudad para un poco más de 24 horas, por lo que no estaban destinados a servir para un almacenamiento largo, sino exclusivamente para mantener un flujo regular en el aprovisionamiento de aguas.

El sistema contemplaba el llenado y vaciado completo de cada uno de los depósitos, de tal manera que no quedara agua acumulada en ninguno para evitar los efectos nocivos del estancamiento.

Los depósitos se encuentran todavía en la zona de la segunda sección de Chapultepec, aunque no es posible visitar el interior. Se accede a ellos a través de una pequeña puerta metálica localizada al frente de la torrecilla de cada depósito. Las torrecillas, de estilo ecléctico tienen un cuerpo cónico rebajado y terminan en una linternilla con remate.



Figura 55. Depósitos Distribuidores en Chapultepec.
Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

Los cuatro depósitos se encuentran actualmente en la segunda sección de Chapultepec, se aprecian actualmente los cuatro accesos en medio de una zona arbolada enfrente del Museo del Niño. Conservan las puertas metálicas y las chimeneas de forma cónica que tienen cada una seis ventanillas con reminiscencias moriscas y rematan en una bóveda cónica con un pináculo circular.

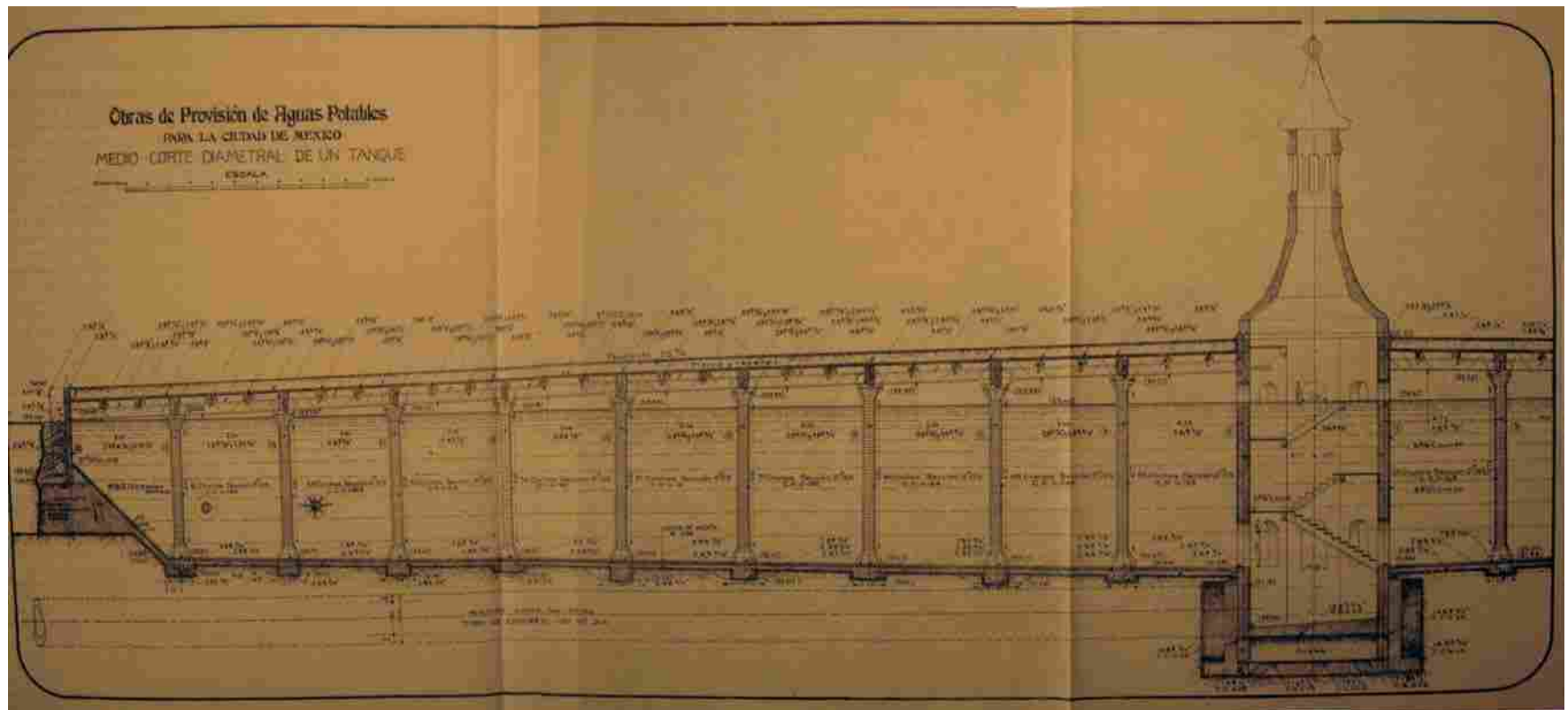


Figura 56. Corte diametral de un depósito distribuidor de la Loma de Dolores. Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

Cámara de Válvulas de los Depósitos

Los cuatro depósitos se comunican a través de unos tubos de concreto armado de 1.50 m de diámetro con una cámara circular, en donde se establecieron doce grandes válvulas necesarias para distribuir el agua que llegaba de la Instalación de Bombas, ó para hacer salir el agua de los depósitos hacia la red de la Ciudad.

En la Cámara de las Válvulas de los Depósitos se construyó también una torre circular, que sirve de vertedor general, para evitar que el líquido de los Depósitos excediera de cierto límite.

Se tenía la intención de conducir, más tarde, a la misma cámara, las aguas de los manantiales de Santa Fe y quizá también la de los manantiales del Desierto, que podían llegar por su propia gravedad hasta la Cámara de las Válvulas de los Depósitos y aumentar el volumen de suministro a la Ciudad, este proyecto nunca se concretó.

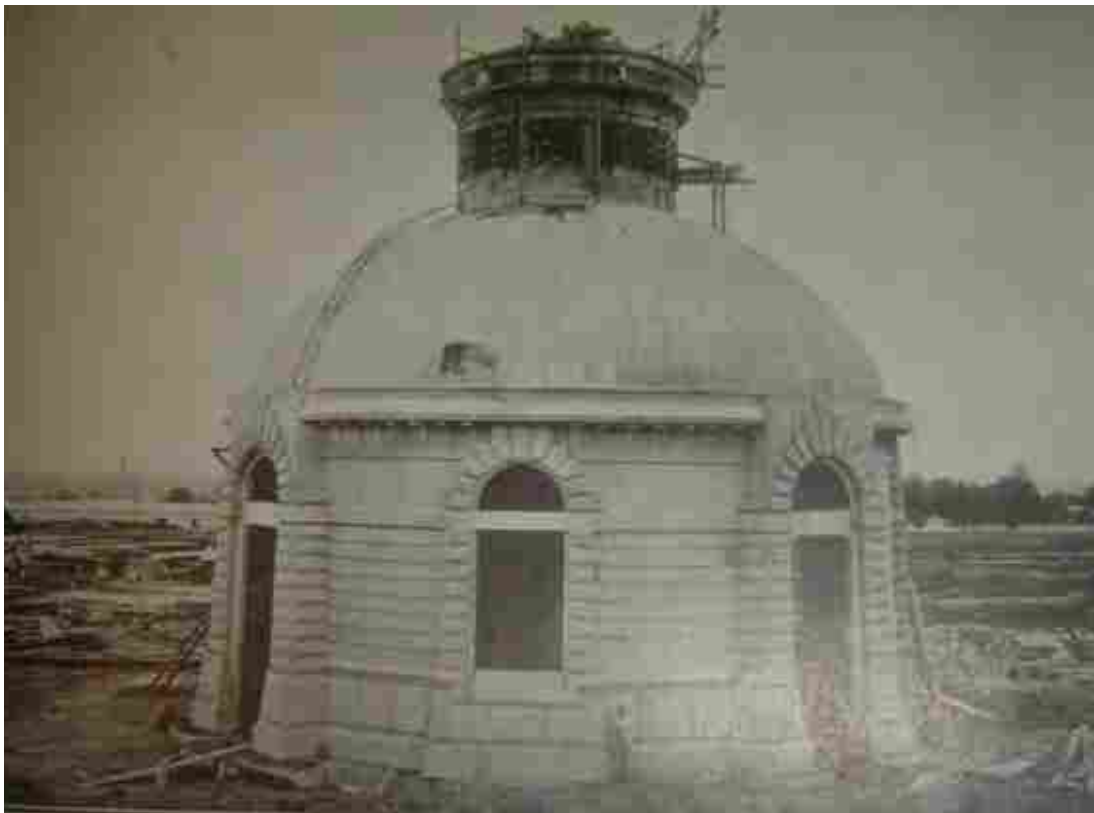


Figura 57. Cámara de las Válvulas en Chapultepec

Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

La cámara de las válvulas posee tres puertas de acceso metálicas con una trabe que separa el remate semicircular; entre ellas hay tres ventanas con el mismo sistema de ornato. Sobre este cuerpo hay una cúpula que remata en una linternilla de ventilación que a su vez, remata en otra cúpula rebajada más pequeña. Esta cámara es el elemento más visible del conjunto de elementos arquitectónicos sobresalientes del sistema Xochimilco, ya que se encuentra a orillas del circuito vial de Chapultepec.

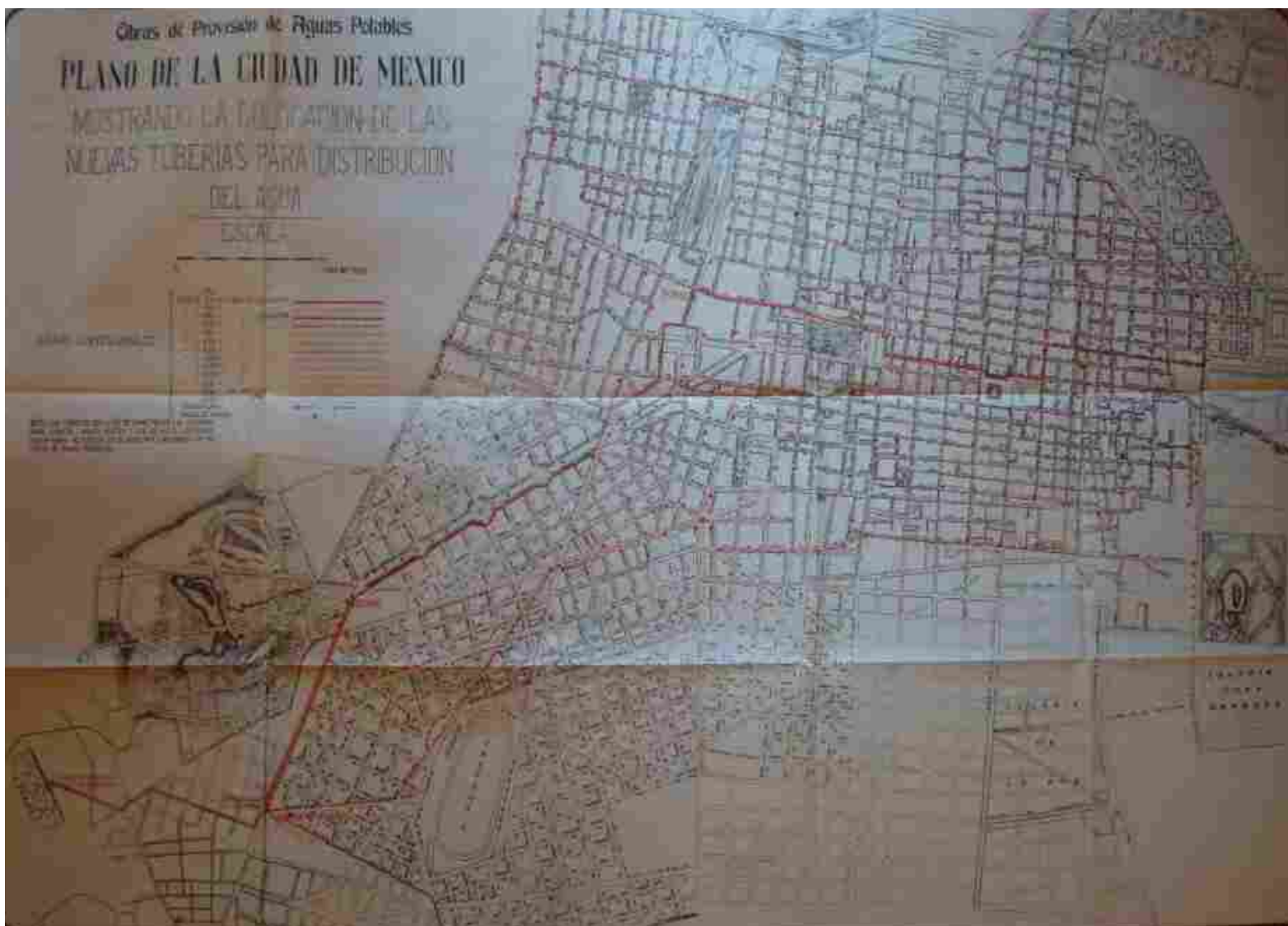


Figura 58. Red de Tuberías Construidas, de las Obras de Provisión de Agua Potable para la Ciudad de México, Marroquín y Rivera, 1914

Nueva Red de Cañerías

Se proyectó una nueva red de distribución, ya que la antigua red por sus características no podía utilizarse con este nuevo sistema por la presión a la que estarían sujetas las cañerías. Desde el proyecto fue prevista para dar servicio domiciliario, comercial, y público, este último incluía el riego de jardines, las necesidades del cuerpo de bomberos y la limpieza de calles.

El sistema que tenía la Ciudad era un sistema de tipo intermitente mixto, donde se proporcionaba el servicio de agua algunas horas al día debido a la escasez³⁰, por lo que era necesario contar con cisternas y tinacos en las casas y bombas para subir el agua a las azoteas.

El sistema propuesto fue un sistema de distribución constante, donde el agua se admite constantemente en todas las cañerías. Las casas pueden surtirse directamente por medio de llaves, excepto para los servicios del WC donde es necesario utilizar un tinaco, que permite la descarga instantánea de 20 litros de agua con la presión suficiente.

Se decidió realizar un sistema reticular que permitía la creación de circuitos, este sistema tiene el inconveniente de requerir un mayor número de válvulas que el sistema de ramales a través de una gran cañería distribuidora, pero permite ir ampliando el servicio de acuerdo a los requerimientos de expansión de la ciudad, sin alterar la distribución de agua.

El otro punto fundamental, que decidió la adopción de este sistema por parte del Ing. Marroquín y Rivera, fue que el agua del sistema podía concentrarse en un punto en caso de incendio, lo que facilitaría la labor de los bomberos, este sistema era utilizado en Estados Unidos, ya que permitía enfrentar los incendios en rascacielos y en áreas bajas extensas por el aumento en la presión del agua.

Los tubos principales fueron numerados en el plano y se anotaron sus longitudes y diámetros. Los puntos extremos se señalaron con círculos negros. Se propusieron varios circuitos marcados con las letras A, B, C, D, E, F y G. Los circuitos principales eran los cuatro primeros, los tres últimos se construirían una vez que la ciudad se hubiera desarrollado hacia las áreas previstas. Se propusieron varios circuitos porque un solo circuito principal para toda la población requeriría tubos de dimensiones muy grandes para los tubos secundarios, optándose por varios

³⁰ Marroquín calculaba que en 1900 se proporcionaban 20 litros diarios por habitante.

circuitos con tubos secundarios menores. Se planeó entonces colocar los tubos 1 y 2 del circuito F, que corresponde a las colonias Santa María la Ribera, San Rafael y la parte norte de la Reforma, con el tamaño que se requeriría cuando éstas colonias estuvieran ya consolidadas, pero no se colocaron los tubos 12 y 13 que completan este circuito, ya que esto se realizaría en el momento en que estas colonias lo requirieran.

La parte más poblada de la ciudad, que correspondía a la zona central consolidada, se dividió en tres grandes circuitos, adoptándose los tubos secundarios de 12" por dos razones fundamentales, la primera es que los tubos deberían llevar también el agua que sirve para incendios y la segunda es que el Ayuntamiento había adquirido una gran cantidad de tubos de estas dimensiones que quedarían sin uso si se optaba por un diámetro menor.

En el plano de distribución de cañerías puede verse una distribución territorial homogénea del sistema de agua, contrariamente a lo detectado en otros aspectos por otros investigadores, el Acueducto de Xochimilco presenta una distribución sin desigualdades en los barrios de diferentes estratos sociales.

Se incluyeron también medidores de agua, en los orígenes de los tubos de zona, para determinar las cantidades de agua que pasaban por ellos, con la finalidad de detectar fácilmente las pérdidas de agua, por abuso de los consumidores o por fracturas.

Los hidrantes de incendio estarían localizados en las áreas centrales a una distancia máxima de 100 m. y en los nuevos barrios a una distancia de 120 metros, requiriéndose en caso de incendios mayores el uso de bombas de vapor para incrementar la presión.

El aseo de calles y arroyos se realizaría también a través del sistema de hidrantes. Para esto los hidrantes se propusieron con dos o tres bocas para incendio y una para riego, de menores dimensiones puesto que éste se realizaría a través de una manguera de 1" de diámetro.

En su construcción se emplearon tubos de fierro fundido de 6" con anillos de caucho para reforzar las juntas. En el caso de los tubos de los circuitos con un diámetro de 24", se propuso la utilización de acero recubierto interior y exteriormente con cemento o asfalto para evitar la oxidación, finalmente se optó por el cemento. Se requirieron 30,000 toneladas de tubos de fierro para la nueva red, y una gran cantidad de válvulas.

Los trabajos de distribución de la nueva red se encontraban iniciados en 1910, pensando en terminarlos en 1911, pero la inestabilidad política y económica de esos años determinó que la red fuera concluida hasta 1913. La mayor parte de la Ciudad se alimentaba a través de la antigua red de cañerías, debido a esto, no fue posible aumentar la dotación de agua por la falta de capacidad y los escapes que provocaba la presión en la antigua red.

Algunos de los nuevos fraccionamientos que se iniciaron a partir de 1902, tuvieron dotación de agua través de la perforación de pozos profundos, como complemento de la red de agua potable.

En el estudio de la nueva red participaron los ingenieros Luis y José Feuillebois, los ingenieros Joaquín M. Alegre y Fernando Sayago tuvieron a su cargo la ejecución de los planos de las calles de la Ciudad y la recolección de los datos necesarios para la ejecución del proyecto.

Galería para el Tubo Central

El Tubo de 1.20 metros que formaba la arteria central de la Ciudad, se alojó en una Galería de concreto armado que se construyó entre la Cámara de Distribución en la Calzada Tacubaya y el origen del canal en San Lázaro.

La Galería fue calculada para resistir el peso de los vehículos que circularían arriba de ella. Estaba destinada a alojar en su interior el tubo central de distribución y canalizaciones eléctricas, permitiendo también la circulación de obreros en caso de inspección del tubo, así como para realizar el mantenimiento y las reparaciones que podían necesitar las juntas.

Las diferentes etapas del Acueducto de Xochimilco son: el tubo principal del acueducto, las casas de Bombas de Santa Cruz, San Luis y Nativitas así como las chimeneas de ventilación estuvieron listos en 1908, para 1910 estaban listos los depósitos de Dolores, la Cámara de Distribución en 1911, al igual que la Casa de Bombas de la Condesa y finalmente, la red de distribución se termino en 1913.

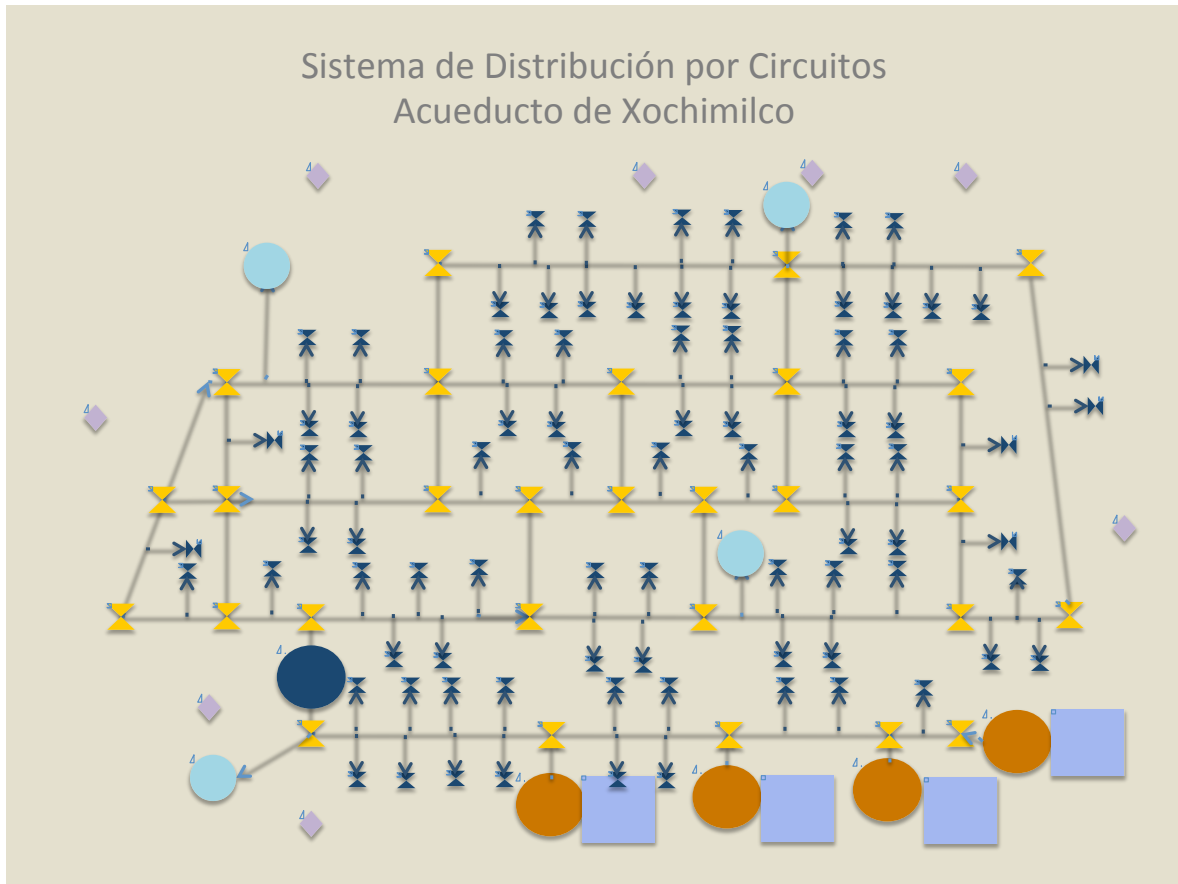
A partir de ahí, el sistema se fue expandiendo con la construcción de nuevos circuitos y se disminuyó la demanda de agua que provenía de pozos artesianos cuya construcción se había iniciado a fines del siglo XIX.

El Acueducto se convirtió en una de las mayores obras del porfiriato aunque no se encontraba terminado en las fiestas del Centenario, la importancia de esta obra para la ciudad se verifica en dos aspectos, el primero se refiere a la voluntad del régimen de generar elementos simbólico-constructivos visibles de esta hazaña técnica y el segundo se expone en la continuidad de las obras durante la etapa maderista y el periodo revolucionario.



Figura 59. Construcción de la Galería. Memoria de las Obras de Provisión de Agua Potable de la Ciudad de México, 1910

Esquema de funcionamiento



- Manantiales de Xochimilco
- Acueducto por caño cerrado y circuitos
- Bombas eléctricas
- Pozos independientes al sistema
- Válvulas
- Caño de distribución a viviendas y edificios
- Llave (Sistema de cerrado)
- Fuente pública función de ornato

Figura 60. Acueducto de Xochimilco. Sistema de Circuitos. Elaboración propia

Tabla 16. Acueducto de Xochimilco. Sistema de Distribución por Circuitos (Reticular)

- Sistema de distribución por bombeo eléctrico y gravedad.
- Localización de casas de bombas en manantial, bombas bajo el nivel del agua, para generar acumulación y presión del agua.
- Sistema subterráneo de transporte de agua por pendientes en acueductos.
- Sistema de circuitos de distribución que permite la reparación por sectores y la ampliación en etapas del sistema.
- El sistema permite derivar toda el agua dentro del sistema hacia un punto específico en caso de incendio
- Las fuentes públicas conservan sólo la función de ornato.
- El sistema se pensó para lograr la supresión del sistema de pozos poco profundos individuales, aunque éstos se continuaron utilizando.
- El sistema conservó la opción de pozos artesianos.
- La distribución del agua a presión llega directamente al interior de las viviendas, se requieren tinacos en la parte superior para el funcionamiento de los WC.
- El agua sube directamente al tinaco sin necesidad de bombas hidráulicas individuales.
- Introduce las normas higiénicas al interior de las viviendas
- Incorpora sistema de limpieza de calles y atarjeas.
- Incorpora sistema de agua para emergencias (servicio de bomberos).
- Todos los edificios públicos están cubiertos (hospitales, escuelas, administrativos).
- El sistema se planifica para la ciudad en su conjunto, no existe segregación espacial urbana.
- El sistema surte a las industrias localizadas dentro del perímetro de la Ciudad de México.
- Los servicios urbanos pasan a ser considerados derechos de los ciudadanos.

Fuente: Elaboración propia

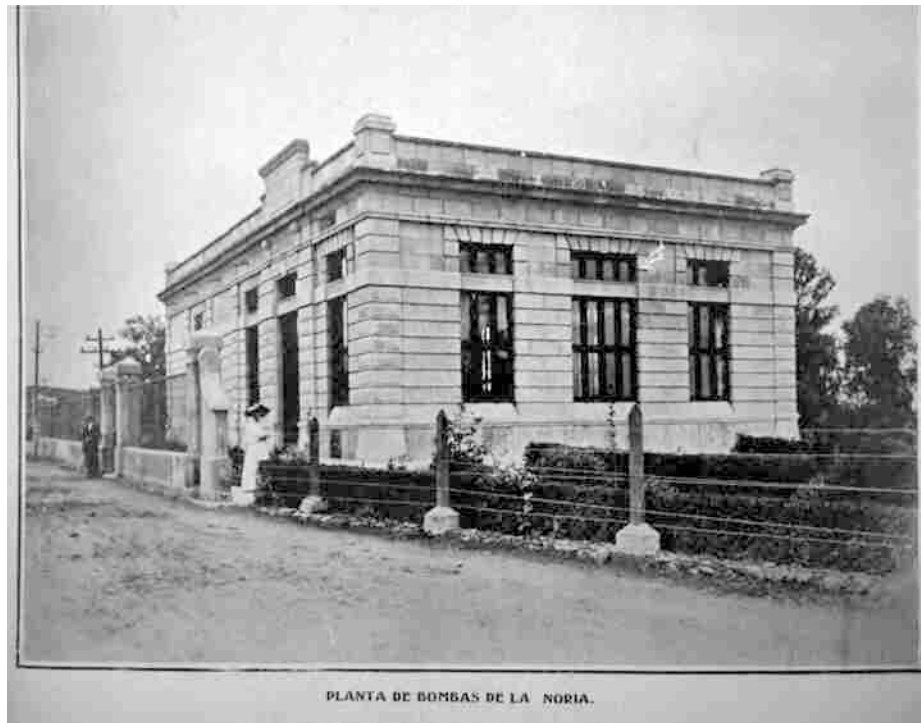


Figura 61. Casa de Bombas de la Noria, 1910, Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

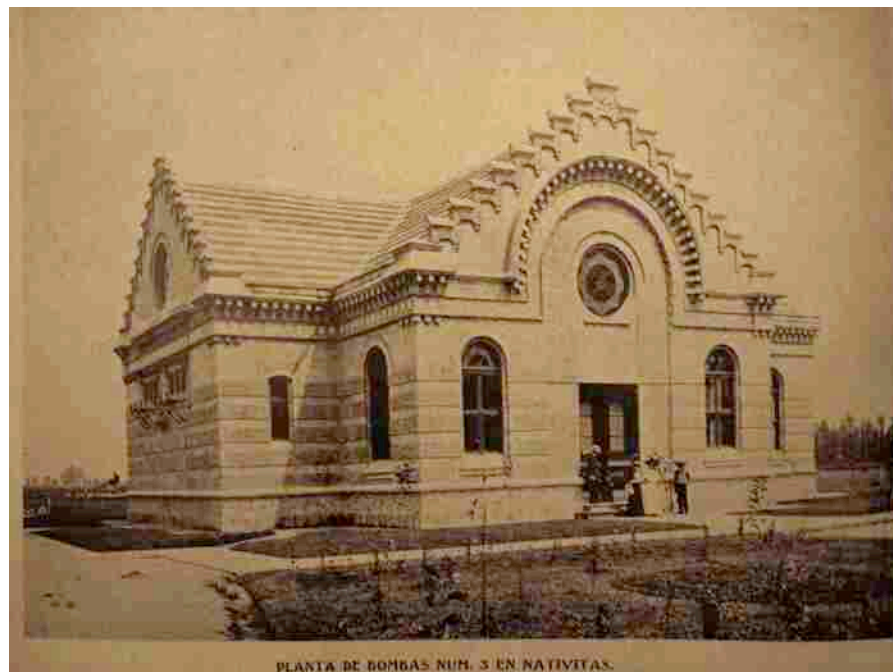
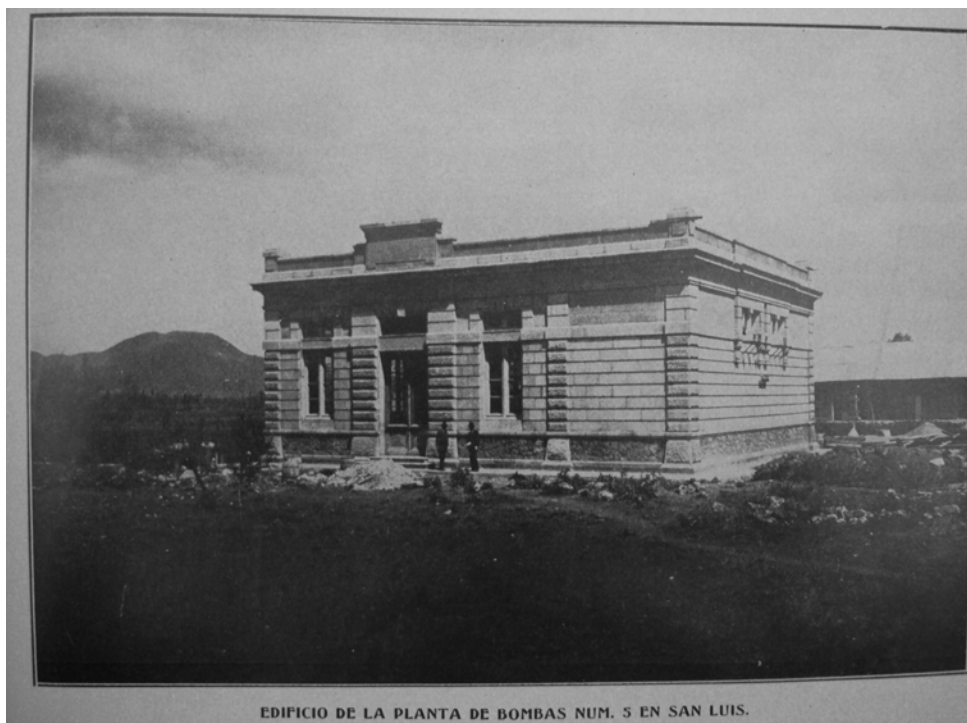


Figura 62. Casa de Bombas de Nativitas, 1910, Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914



INTERIOR DE LA PLANTA DE BOMBAS NUM. 3 EN NATIVITAS

Figura 63. Interior de la Casa de Bombas de Nativitas, 1910, Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914



EDIFICIO DE LA PLANTA DE BOMBAS NUM. 5 EN SAN LUIS.

Figura 64. Casa de Bombas de San Luis, 1910, Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

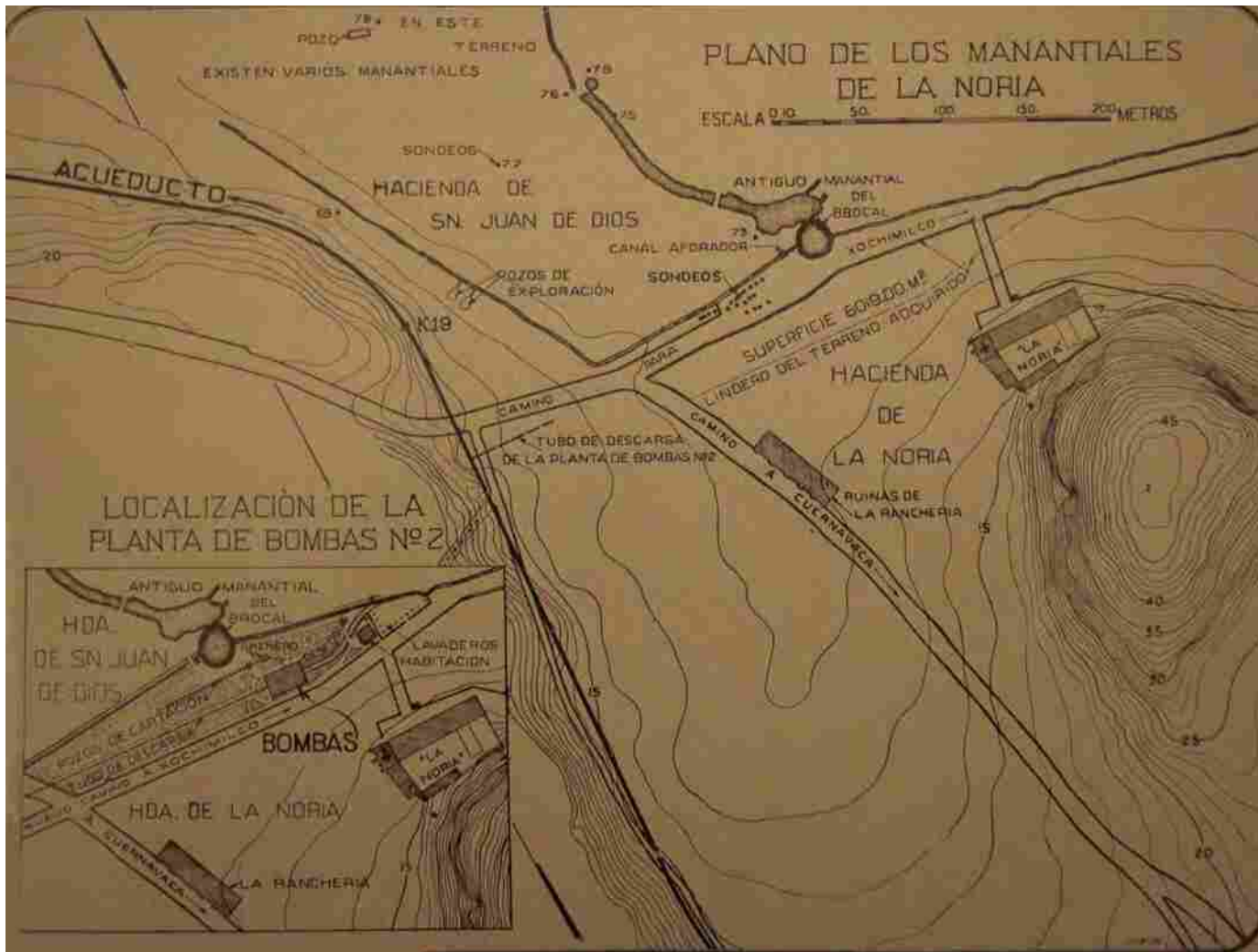


Figura 65. Plano de los Manantiales de La Noria, Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

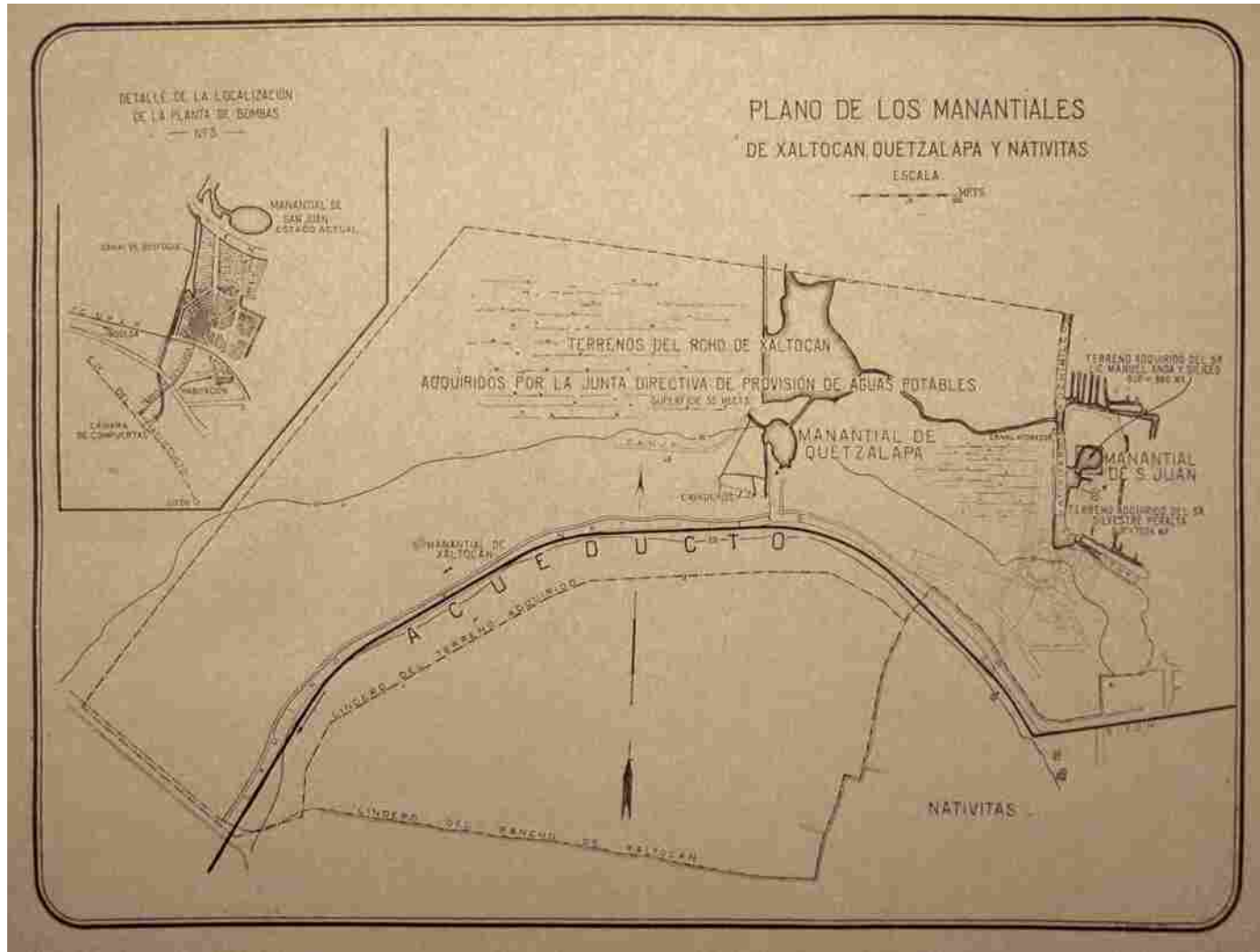


Figura 66. Plano de los manantiales de Nativitas, , Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

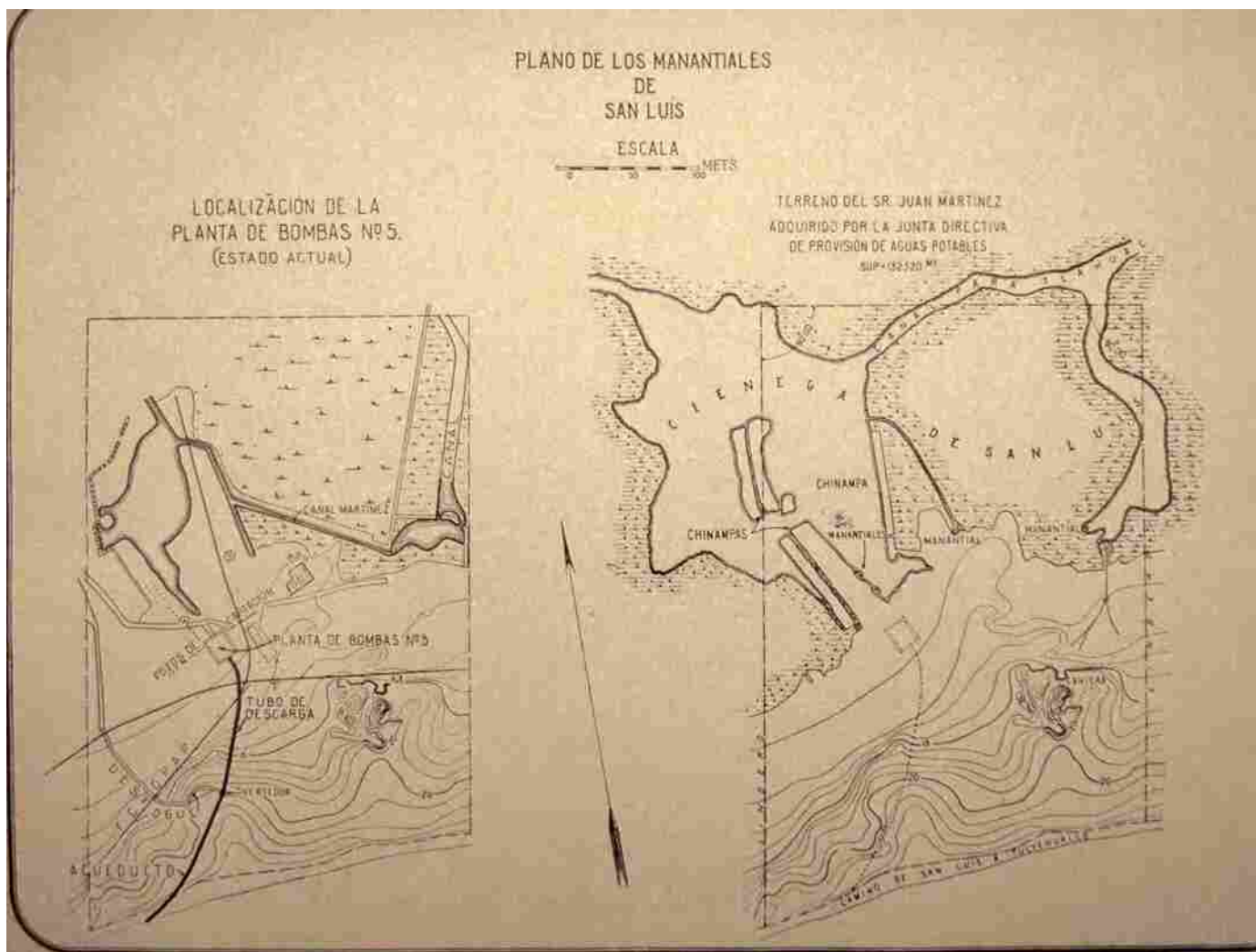


Figura 67. Plano de los manantiales de San Luis, , Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914

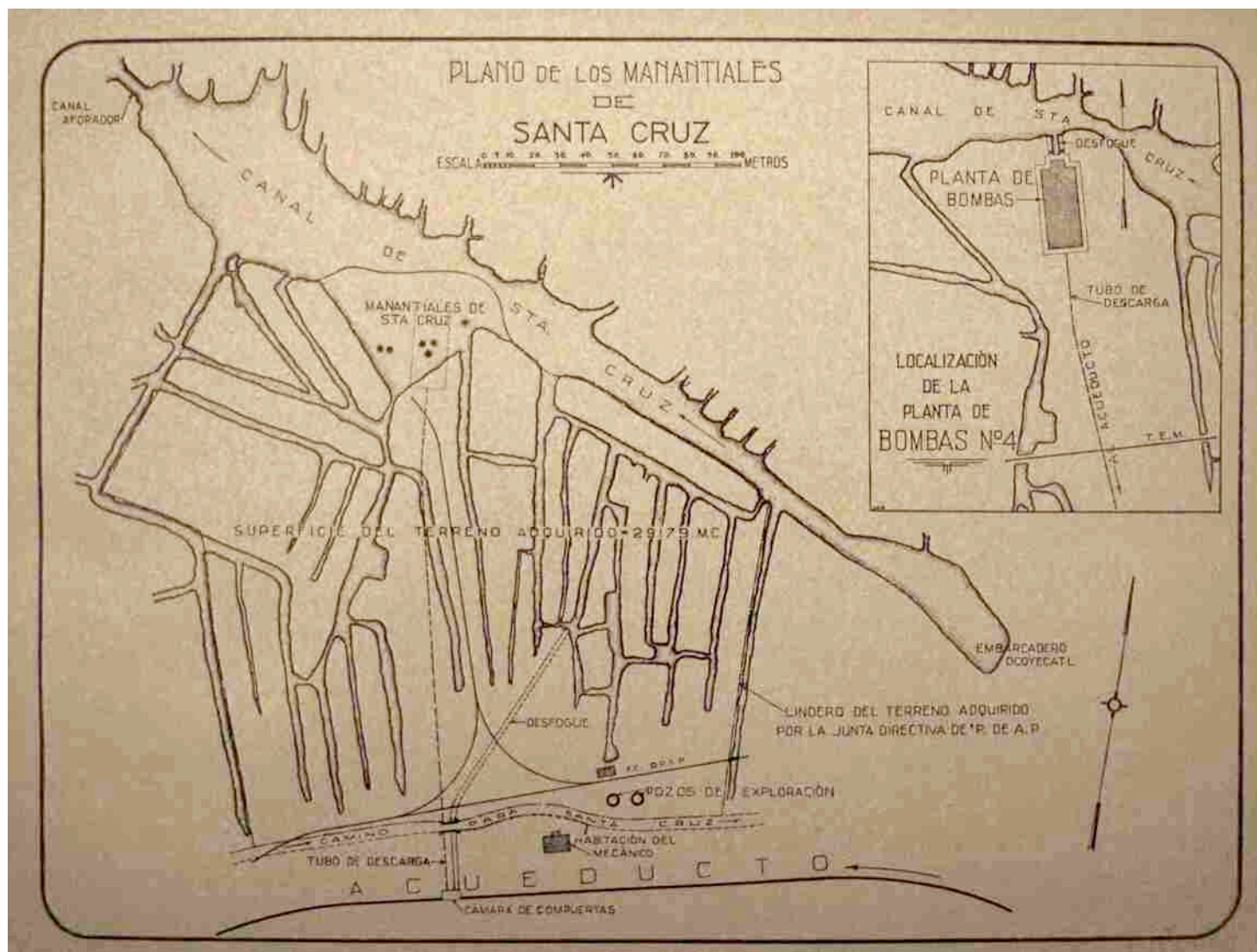


Figura 68. Plano de los manantiales de Santa Cruz, Marroquín, Memoria de las Obras para la Provisión de Aguas Potables de la Ciudad de México, 1914.

2.5. Límites del abasto de agua a la ciudad de México a través del Acueducto de Xochimilco.

Alfonso Villa consignó que en 19013 (citado por Rodríguez Kuri, 2005: 175), la demanda de agua había aumentado en 50%, pasando de 160 a 240 litros por habitante, lo que estaba dentro de los parámetros de cálculo del sistema Xochimilco. También hubo según este autor, problemas de escasez en 1917, 1922,1923,1925 y 1929.

En 1922 ocurrió el accidente que dejó a la ciudad sin agua a partir del 20 de noviembre, este pudo tener como origen un fallo humano, la falta de mantenimiento de las bombas y válvulas por parte del Ayuntamiento (según el Ing. Modesto Rolland que formó parte del equipo de Marroquín en el proyecto y la construcción del acueducto) o a un atentado.

Las autoridades respondieron con un plan de emergencia que llevó agua, a través de carros y camiones a los barrios más afectados, se pusieron en funcionamiento varios pozos artesianos y algunos establecimientos comerciales e industriales proporcionaron agua de sus pozos a los vecinos³¹.

El problema fue muy agudo, ya que las autoridades no podían llevar adelante la reparación porque hubo que importar varias de las piezas, finalmente el 2 de diciembre de 1922, las bombas fueron puestas en funcionamiento y el sistema se restableció.

En las Memoria del Departamento del Distrito Federal de 1932-1933, en el capítulo I, Agua Potable, se alerta que todo el sistema de distribución de agua potable en ese momento era deficiente, además de constituir un conjunto heterogéneo de sistemas, la mayor parte de los cuales se encontraban en mal estado: sistemas de bombeo eléctrico, sistemas por gravedad, traslado de agua en animales; presas y canales cubiertos y descubiertos, conductos de mampostería, concreto, fierro y barro; en algunas zonas las redes daban un servicio completo a los vecinos, mientras que en otras zonas existían solamente hidrantes o tomas públicas y los vecinos acarreaban el agua; había edificios públicos con pozos artesianos en mal estado, etc.

³¹ Rodríguez Kuri, *op. cit.*, pp. 174-178

Los sistemas de aprovisionamiento de agua estaban a cargo de la Dirección de Obras Públicas y contaba con los siguientes:

- I. Sistema de aprovisionamiento de Xochimilco
- II. Sistemas de aprovisionamiento de la región Suroeste del Valle de México:
 - a. Desierto
 - b. De los Leones
 - c. Ajolotes
 - d. San Bartolo
 - e. Hueyatla y río de la Magdalena
- III. Sistemas de aprovisionamiento en la región noroeste del Valle de México
- IV. Sistemas de aprovisionamiento de la región Sur
- V. Sistemas de aprovisionamiento por medio de pozos artesianos
- VI. Sistema de aprovisionamiento de Chapultepec

I. Sistema de aprovisionamiento de Xochimilco

Abastecía a la “antigua ciudad de México”, una parte de Tacubaya y la colonia Gustavo A. Madero. Proporcionando el siguiente flujo:

La Noria	370	lts/seg
Nativitas	700	lts/seg
Santa Cruz	600	lts/seg
San Luis	1200	lts/seg
Pozos Artesianos	225	lts/seg

Los pozos artesianos del acueducto correspondían a una serie de pozos perforados a lo largo del derecho de vía del acueducto en las inmediaciones de la Casa de Bombas de la Condesa y

que tenían como función compensar las fugas de agua del acueducto por el mal estado en el que se encontraba. El acueducto de concreto reforzado de 32 km de largo sufría múltiples fracturas y grietas derivadas de problemas de asentamientos en el terreno donde fue construido.

En este momento el acueducto ofrecía una capacidad de 3,000 lts/seg, el proyecto original contemplaba 2,200 lts/seg y la explicación propuesta es que la rugosidad era menor a la proyectada, es también probable que el aumento del flujo haya afectado negativamente el funcionamiento del acueducto.

El tramo del acueducto entre Coyoacán y la Condesa, se encontraba afectado seriamente por este problema: “desde que se construyó sufrió fuertes asentamientos, que originaron numerosas grietas. Debido a la naturaleza del terreno y a los sismos que han ocurrido en el transcurso de los 25 años que tiene de construido, su estructura ha sufrido desperfectos considerables...”, de esto resultaba que aunque el gasto de agua de los manantiales y de los pozos se estimaba en 3,225 lts/seg, en la planta de la Condesa se distribuían solamente 2,700 lts/seg a la ciudad.

El Ayuntamiento realizaba continuamente trabajos de reparación. La red de distribución original se encontraba en buen estado.

En las colonias Roma, Condesa y Rastro, la red de distribución se encontraba en mal estado debido a la rigidez de las uniones, a la falta de llaves de inserción para las tomas domiciliarias y al empleo del tubo galvanizado que se destruye más fácilmente, así como al efecto de la electrólisis sobre las tuberías de plomo.

La mala calidad de la red hacía que no fuera posible dar servicio las 24 horas y que existiesen numerosas fugas, que eran difíciles de localizar y reparar, para ello se compró un sistema de localización de fugas que empezó a dar buenos resultados en 1933. Al mismo tiempo, la presión del agua debía ser baja para no provocar mayores daños. Sin embargo los datos registrados en las memorias del Departamento del Distrito Federal arrojan un crecimiento en términos absolutos de la red y sus accesorios (ver tablas 17 y 23).

Se estimaba en este momento que un 60% de la ciudad se servía de las aguas de Xochimilco, dando servicio a unos 600,000 habitantes, proporcionando 220,000 metros cúbicos en 11 horas de servicio, lo que daba unos 363 litros por habitante, “Esto indica la imposibilidad que hay de

extender las redes de distribución sin contar con mayor caudal, pues la experiencia de los últimos años demuestra que cada año que transcurre, con el aumento de derivaciones y ensanche de la red de distribución, aún en pequeña escala como ha ocurrido, el aumento del consumo significa la necesidad de disminuir en una hora diaria el servicio de la Ciudad, o sea que relativamente para abastecer un promedio de 1,200 tomas que se instalan cada año, se aumentará el consumo de 16,00 metros cúbicos diarios. (Memorias, 193-1933: 101)

También en este periodo se intentó disminuir el consumo de agua a través de la instalación de medidores, ya que en ese momento existían solamente 11,500 en toda la ciudad y se habían adquirido 30,000 para su colocación, ya que se consideraba que el volumen de gasto de los diferentes sistemas podía abastecer a la ciudad sin problemas si se evitaba el desperdicio y las fugas.

II. Sistemas de aprovisionamiento de la región del Suroeste del Valle de México

Esos sistemas estaban formados por los manantiales de la región de la Sierra de las Cruces, daban servicio a Mixcoac y Tacubaya, donde se localizaban dos grandes tanques de regulación, con agua de manantiales de la misma región, se proporcionaba agua a la Delegación Álvaro Obregón y a La Magdalena, a través del acueducto de San Bartolo y de Hueyatla, con un gasto de 22 lts/seg, en estos casos no se reportaban problemas en la distribución y abasto. El sistema de funcionamiento era por gravedad.

III. Sistemas de abastecimiento de la región Noroeste del Valle de México.

Esta región se servía de las aguas del río Tlalnepantla y daba agua a la zona de Tlalnepantla y Gustavo A. Madero. En este sistema se llevaba el agua por gravedad a los tanques construidos en el cerro de Guadalupe. Para el aprovechamiento se preveía la construcción de una presa con capacidad de 10,000,000 de metros cúbicos.

IV. Sistemas de aprovechamiento de la región Sur

Región formada por la Sierra del Ajusco, que se encuentra integrada a la cuenca de los manantiales de Xochimilco. Algunos de los pueblos se servían de los manantiales del Ajusco, siendo esta una región de gran filtración de aguas, algunos de ellos no tenían agua y estaban obligados a transportarla desde Xochimilco.

Se tenía un proyecto para dotar de agua a los poblados del Ajusco hasta Milpa Alta, utilizando los manantiales del Ajusco y los de la cañada de Monte Alegre, derivando ramales a cada pueblo. El sistema tenía un funcionamiento mixto, ya que en él se utilizaron también bombas eléctricas para el suministro.

V. Sistemas de aprovisionamiento por medio de Pozos Artesianos

Se abrieron muchos pozos artesianos que daban servicio a aquellos lugares que no tenían redes de distribución o éstas eran deficientes; los pozos contaban con instalaciones de bombeo para la distribución del agua, los que estaban en el centro de la ciudad servían para inyectar agua en el sistema de distribución y mantenerla durante los periodos de baja presión, para evitar que se introdujera el agua del subsuelo, y los otros se encontraban en barrios o zonas alejadas. Los que se tienen consignados en las Memorias de 1932-1933 son los siguientes:

Plaza San Martín

Plaza España

Plaza del Ajusco

Plaza Miravalle

Mercado Juárez

Jardín Morelos, Escandón

Jardín de Propagación, Mixcoac

Loma del Cuernito, San Pedro de los Pinos

Jardín de los Mártires, Tacubaya

Mercado Hidalgo, Col. Obrera

Plaza del Estudiante

Jardín de los Ángeles

Jardín Santiago

Mercado de la Dalia

Alameda de Santa María

Colonia Santo Tomás

Plaza Benito Juárez, Barrio Atlampa

San Simón Tolnáhuac

Col. Prolongación Guerrero

Magdalena Mixhuca

Huerta del Carmen, San Ángel

Alameda Central

Santa Anita, Iztacalco

Jardín Nuevo de San Pedro de los Pinos

Y se encontraban en construcción:

Plaza Antonio M. Anza

Jardín Amado Nervo

Calzada del Niño Perdido

Col. Anáhuac

Col. Nápoles

La producción de estos pozos era de 360 lts/seg y los que se encontraban en construcción proporcionarían 250 lts/seg adicionales.

V. Sistema de aprovisionamiento de aguas de Chapultepec

Los manantiales de Chapultepec, en franco declive, proporcionaban agua de uso exclusivo para el Bosque; se instalaron bombas eléctricas en el manantial chico para proporcionar agua al los jardines altos y al Castillo de Chapultepec, en aquel momento residencia presidencial. De la alberca grande se bombeaba agua al antiguo tanque de natación de los niños, localizado a la entrada del Bosque, la utilización de las aguas para la limpieza de atarjeas de la ciudad ya había sido suspendido.

El 19 de julio de 1932, se firmó un contrato con la compañía explotadora de petróleo "La Imperial", S.A. para el otorgamiento de un préstamo que permitiera al Departamento del Distrito Federal cubrir los costos de materiales y mano de obra para las instalaciones de agua potable de la Ciudad y otras poblaciones del D.F.

A través de ese contrato se realizaron las obras de distribución de agua de Coyoacán y se encontraban en construcción en 1933, las de la Colonia de los Doctores y la colonia Obrera y la reconstrucción de los acueductos de Desierto, de los Leones y Ajolotes.

Las obras que se realizaron en el ramo de agua potable en 1932 son las siguientes:

Aprovisionamiento de Xochimilco, se construyó un edificio para la estación de Bombas en San Luis, con dos bombas eléctricas y otra edificación con una centrífuga anexos a la planta de bombas número 6.

Se amplió el sifón de Santa Cruz, con el fin de ampliar la capacidad de distribución del nuevo gasto captado en San Luis, se colocó en las bombas de la Condesa un impulsor en la bomba número cuatro que permitió ampliar en 1,800 lts/seg y otro en la bomba número 1 con capacidad para 1,100 lts/seg. Se cambiaron algunas válvulas de distribución general y se

rehicieron algunos tramos de red secundaria sobre Insurgentes, cambiándolos por tubos de mayor diámetro y con juntas flexibles.

En los pozos artesianos se colocó una bomba nueva en el pozo Alameda Central y se concluyó el de Niño Perdido, así como el inicio de otros pozos, en la colonia Anáhuac, en San Pedro Mártir, Tlalpan, en los pueblos de Amantla, Ahuizota y Jalpa en la Delegación Azcapotzalco. Se reconstruyeron varios tanques y se hicieron nuevos en Tacubaya, Mixcoac y Tlalpan, colocándose tapas en los existentes.

A partir de los datos anteriores queda claro que la heterogeneidad y mal estado de los acueductos -aunque se gastaban fuertes sumas de dinero en reacondicionarlos-, estaban condicionando el crecimiento del servicio y eran cada vez más apoyados por la introducción de agua proveniente de los pozos artesianos, este sistema se convirtió con el tiempo en la solución para el abasto de aguas hasta que se empezaron a verificar algunos de los efectos que la extracción de agua del subsuelo tenía y tiene sobre la Ciudad de México.

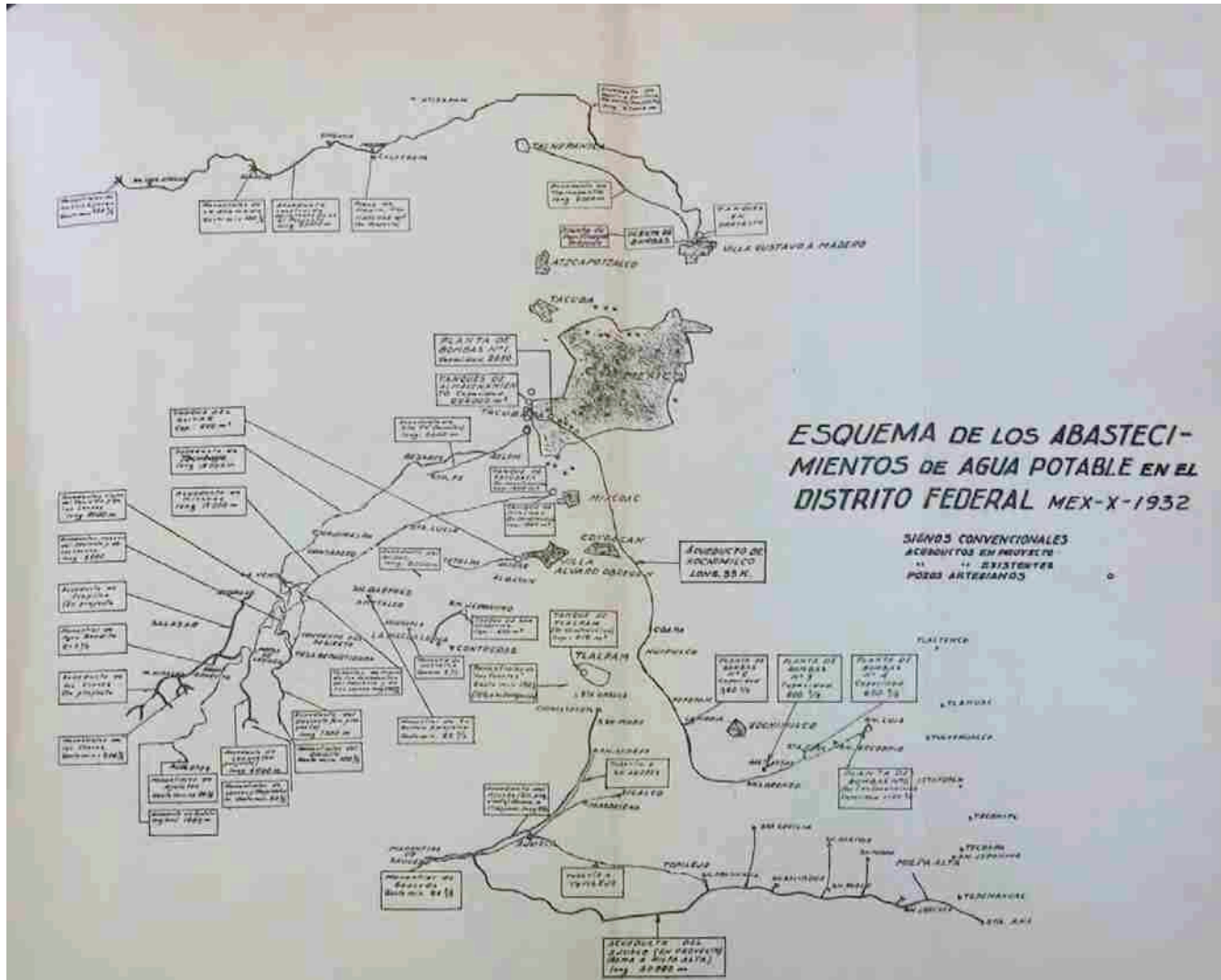


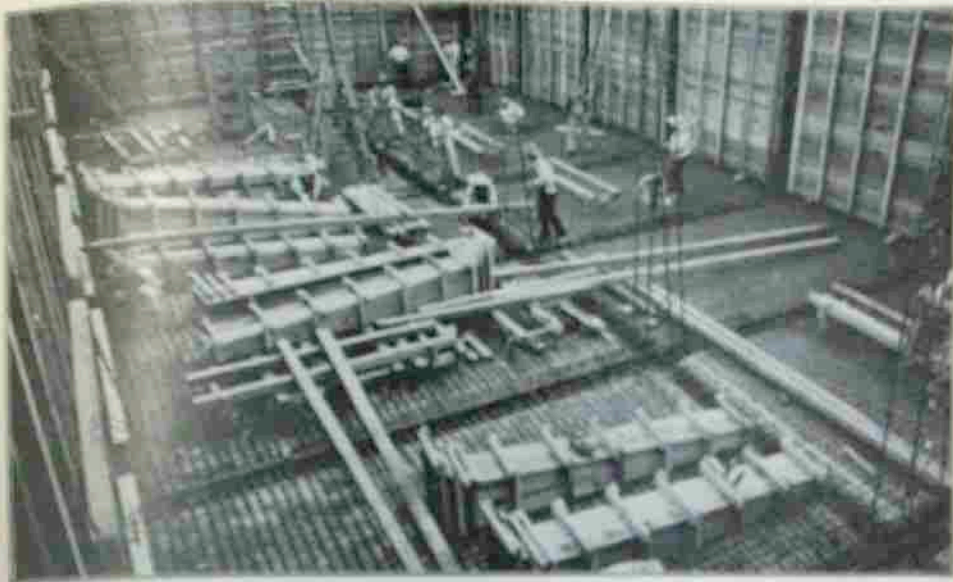
Figura 69. Esquema de los abastecimientos de agua potable en el Distrito Federal, octubre de 1932, Memorias del Departamento del Distrito Federal 1932-1933, 1933, s.p.

CUADRO COMPARATIVO DE LOS MEDIDORES COTIZADOS Y PACTADOS
PARA EL DEPARTAMENTO CENTRAL.

VENDEDOR.	CLASIFICACION.	1/8"	5/16"	3/8"cl/1"	5/16x3/4"	3/4"	3/4"x1"	1"	1.1x1.1/4"	1.1/4"	1.1/2"	1.1/2"x2"	2"	3"	4"	6"	CONDICIONES.
FABER.	119.	7.65.				0.75.		11.50.		15.50.	22.20.						36 mensualidades sin intereses (incluyendo 30 días después de firmado el contrato). Entregas: principian a 90 días corridos hasta 1.000 polidores.
SUPERIOR.	322.		10.75.			17.25.		20.55.		29.01.	43.41.						36 mensualidades sin intereses. No presupuestaron. Contado. Meses de 1.500 mensuales
FRASLEY.	446.		7.10.														
FRIDMANT. (Newport)	561.																
TROPIC.	681.			7.55.		8.50.	10.25.		14.00.	30.00.		36.75.					3 años a partir firma contrato; por to contado.
ARISTOTOR.	760.																No presupuestaron.
DMINT.	884.		12.50.		12.75.	10.75.		21.10.			54.00.		75.00.	150.00.	225.00.	480.00.	Otorga 10% en premio en especie. De- pós 25% contado; resto a 30, 60 y 90 días cargando interés 6% anual.

NOTA: Los precios aquí anotados son Dólares.

Tabla 17. Cuadro comparativo de Medidores Cotizados y Pactados para el Departamento Central. Memorias del Departamento del Distrito Federal 1932-1933, 1933, s.p.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS POTABLES
Construcción del tanque de almacenamiento en Coyoacán.—1931.



Cambio de Tubería en Sta. Cruz.—Acueducto de Xochimilco. Desmontamiento
de tubería de hierro.—1932.

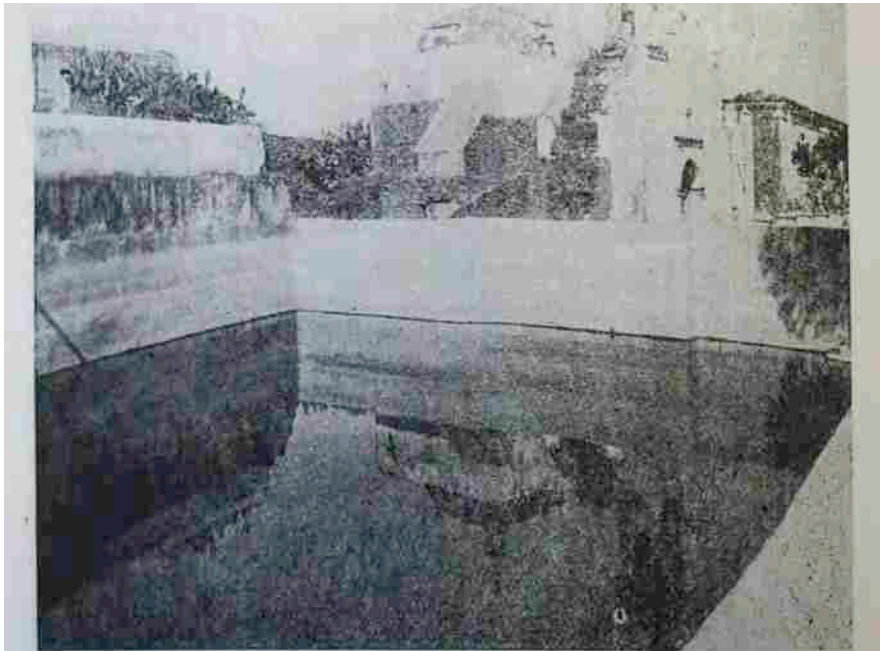
Figura 70. Trabajos de Aguas Potables, Construcción de Tanque de almacenamiento en Coyoacán; y abajo: Cambio de Tubería del tramo del Acueducto de Xochimilco en Santa Cruz. Memorias del Departamento del Distrito Federal 1932-1933, 1933, p. 109.

En 1934 se realizaron los estudios y se inició la sustitución del tramo Candelaria-Condesa del acueducto de Xochimilco y se construyó una nueva planta de bombeo en Xotepingo, que tuviera capacidad para bombear el gasto de agua de ese año y el de nuevos manantiales que se irían incorporando. Con esta construcción concluyeron las obras mayores asociadas al acueducto de Xochimilco (ver en próximo capítulo).

En este mismo año se terminó el sistema de aprovisionamiento de la región del Sur del Valle de México, con la utilización de los manantiales de Monte Alegre, Salcedo y Tulmiac, con las que se proporcionó hasta 256 litros diarios por persona a los habitantes de los pueblos de Topilejo, Ajusco, San Andrés, San Pedro Martir, Magdalena, Santa Úrsula, Xicalco, y Ximalcoyotl de la Delegación Tlalpán; San Francisco y Santa Cecilia de la Delegación Xochimilco y Milpa Alta, Santa Ana, San Pablo Ozotepec, Tecomitl, San Pedro Actopan, San Bartolo, San Salvador, San Lorenzo, San Jerónimo, San Francisco Tecoxpa, San Juan Tepehuanac y Otenco en la Delegación Milpa Alta. (Informe C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, 1934:58-63).



Figura 71. Fugas de agua en las tuberías de la colonia Roma. Informe que rinde C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, de la obra realizada durante el año de 1934 a los habitantes del Distrito Federal, 1934, p.57



El mismo tanque después de la introducción del agua potable, efectuada durante el año de 1934



Forma en que se provee de agua la población de Milpa Alta

Figura 72. Agua en Milpa Alta. Informe que rinde C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, de la obra realizada durante el año de 1934 a los habitantes del Distrito Federal, 1934

2.6. La modernización porfirista de la ciudad de México y las infraestructuras. A manera de conclusión.

El periodo porfirista representa para la Ciudad de México una etapa de profunda modernización urbana, en relación a este aspecto, existe una amplia literatura que afirma que al mismo tiempo, la ciudad vio en este lapso como se profundizaban las desigualdades sociales y la segregación socio-espacial, es el caso de Patricia Romero Lankao, en “Historia de las obras de abastecimiento de agua y drenaje y su impacto socioambiental”³², dónde afirma que el sistema Xochimilco, a partir de la disposición espacial hacia el poniente y la localización de los depósitos en la Loma de Dolores, permitían una mejor dotación de agua a las nuevas colonias, como la Condesa y la Roma.

Sin embargo, es claro al analizar el sistema desde el punto de vista técnico que primero los depósitos en el área de Dolores servían sólo como elemento regulador del flujo del agua, ya que el agua de Xochimilco ingresaba directamente a la cañería general de distribución a través del sistema de bombas de la Condesa, y segundo, que los depósitos fueron localizados al poniente después de un estudio entre varias alternativas, por ser esta una zona alta que permitía efectivamente el uso de la presión por gravedad para incluir las aguas de los depósitos en el sistema de distribución en el momento de máxima demanda.

La justificación técnica de la localización de los depósitos es clara, como también lo es el hecho que debía durante un tiempo proporcionar agua a través del antiguo sistema de cañerías, que era servido por los manantiales de Chapultepec, Santa Fe y Desierto, por lo que el Acueducto de Xochimilco se conectó en la zona de la Condesa al antiguo sistema.

La construcción del tubo general de distribución permitió conectar el sistema de circuitos a toda la ciudad ya consolidada, lo que incluye varios distritos del oriente de la ciudad, dónde se localizaban el barrio de la Merced, la Candelaria de los Patos, etc. Esto define un servicio sin segregaciones socio-espaciales. La ampliación del servicio a partir de 1910 incluyó por secciones los barrios de la Condesa, la Roma Norte, la Doctores y la Obrera.

³² Romero Lankao, Patricia, 1991, pp.76-79. Para un estudio en profundidad del proceso de segregación socio-espacial en este periodo hay que referirse al artículo de John Lear, “Mexico City. Space and Class in the Porfirian Capital, 1884-1910”, 1996.

Los sistemas de agua potable y drenaje se concibieron con una fuerte impronta higienista, es por esto que las condiciones debían ser iguales para prácticamente toda la ciudad, ya que cualquier espacio que fuera segregado del sistema podía convertirse en un foco de infecciones para el resto³³.

La dotación de agua, que proporcionaba a los habitantes de la Ciudad de México 2200 lts. por seg., se tradujo en una mejoría notable en las condiciones de salubridad. La opción por los manantiales de Xochimilco, se basa principalmente en la naturaleza de los depósitos subterráneos que recolectaban las aguas de la zona del Ajusco y que permitía prever un flujo continuo de agua aún en época de secas. Otro de los factores fue que estas fuentes estaban localizadas dentro de los límites del Distrito Federal y las obras representaban un costo menor a las calculadas para traer agua de fuentes externas, siempre tomando en cuenta que en este momento era considerado imprescindible obtener el agua directamente de las fuentes, para garantizar su pureza.

La inauguración del acueducto, como puede verse en las fotografías, fue un evento de gran importancia, los invitados fueron trasladados en tren para poder visitar las instalaciones, siendo cada una de ellas imponente en su arquitectura, sobre todo la Casa de Bombas de la Condesa, aunque la fotografía solamente muestra el acceso posterior.

El acueducto impactó a la ciudad en su forma física, en varios niveles, marcando la posibilidad de una factible expansión hacia el sur, transformando la percepción del origen del recurso agua; por otro lado marcó físicamente el territorio con las construcción y las chimeneas de ventilación, así como con el camino que se desarrolló a lo largo del acueducto y que hoy lleva diferentes nombres: Avenida del Acueducto en Xochimilco, posteriormente la actual División del Norte y finalmente la actual Alfonso Reyes, a lo largo de las cuales son fácilmente identificables estas estructuras.

Es importante el concepto de desarrollo del acueducto, ya que éste refiere a una construcción simbólica histórica que viene de lejos en el tiempo, la edificación de elementos que van

³³ Rodríguez Kuri, hace hincapié en la innovación tecnológica para apoyar también esta hipótesis: “Quizá valga la pena inquirir si un sistema como el de Xochimilco, que supone cierta cuota de innovación tecnológica, contribuyó en alguna medida a contrarrestar el fenómeno de segregación socio-espacial que el desarrollo económico y el modelo político porfiriano habían propiciado en la ciudad” (Rodríguez Kuri, 2005:176)

marcando el trayecto de los acueductos y que culminan con una gran fuente que otorga agua a la ciudad.

El canal de desfogue hacia el Canal de la Viga se consolidó como una gran diagonal urbana (utilizando parcialmente un canal de desfogue pre-existente).

En la zona de los Depósitos de la Loma de Dolores se decidió hacer un parque, con la adquisición de 60 ha. que se incorporaron al Bosque de Chapultepec, lo que se constituyó una parte significativa de la Segunda Sección de Chapultepec. Está implícita la voluntad de embellecimiento y recreo de la ciudad, que constituyen uno de los puntos fuertes de la acumulación de poder simbólico del régimen.

El acueducto cambió también la percepción de los habitantes del derecho al agua, ya que es uno de los elementos que contribuyó a la concepción del habitante como ciudadano con derecho a los servicios, siendo las autoridades las encargadas de proporcionarlo.

Ariel Rodríguez Kuri menciona en su artículo sobre el motín de 1922, que “Es como si la naturaleza pública del servicio hubiese quedado estatuida en el imaginario político de la ciudad”. Menciona que hubo una experiencia anterior, en 1884, para realizar un contrato de concesión con una empresa privada, sin embargo el Ayuntamiento y posiblemente también Porfirio Díaz se opusieron en 1885, quedando éste sin efecto.

Es posible también que esta opción de las autoridades por un servicio público no concesionado, haya tenido que ver con los conflictos surgidos con los particulares que tenían concesiones de agua para la producción de fuerza motriz y que llevaron al Ayuntamiento a querer asegurar la propiedad gubernamental de los manantiales, ya fuera federal o local a partir de estos años.

Rodríguez Kuri afirma que a pesar de haber como sustrato más importante del motín una cuestión política, es claro el origen en la falta de agua de una gran parte de la ciudad y la conciencia violenta que eso desató: “La construcción del sistema Xochimilco (1903-1912), generó en la población la certeza de que se violaba su derecho a recibir el agua en el propio grifo de la casa o del barrio, con todo y que este sistema de distribución en realidad, no tenía más de diez años funcionando en la ciudad.” (Rodríguez Kuri, 2005: 178). Este hecho constituye uno de los antecedentes que fue utilizado para restringir la elección democrática de autoridades en el Distrito Federal.



Figura 73. Santa Cruz Acapulco, Casa de Bombas de Santa Cruz. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH



Figura 74. Santa Cruz Acapulco, Casa de Bombas de Santa Cruz. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH



Figura 75. Santa Cruz Acapulca, Casa de Bombas de Santa Cruz. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH



Figura 76. La Casa de Bombas de Nativitas. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH.



Figura 77. La Casa de Bombas de Nativitas. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH.



Figura 78. Casa de Bombas de La Condesa. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH



Figura 79. Casa de Bombas de La Condesa. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH



Figura 80. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH.



Figura 81. Los Depósitos de la Loma de Dolores. Interior. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH.



Figura 82. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH.



Figura 83. Inauguración de las Obras del Acueducto de Xochimilco, 1910. Fototeca de Monumentos Históricos del INAH.

Esquema Acueducto de Xochimilco, Huellas y Transformaciones

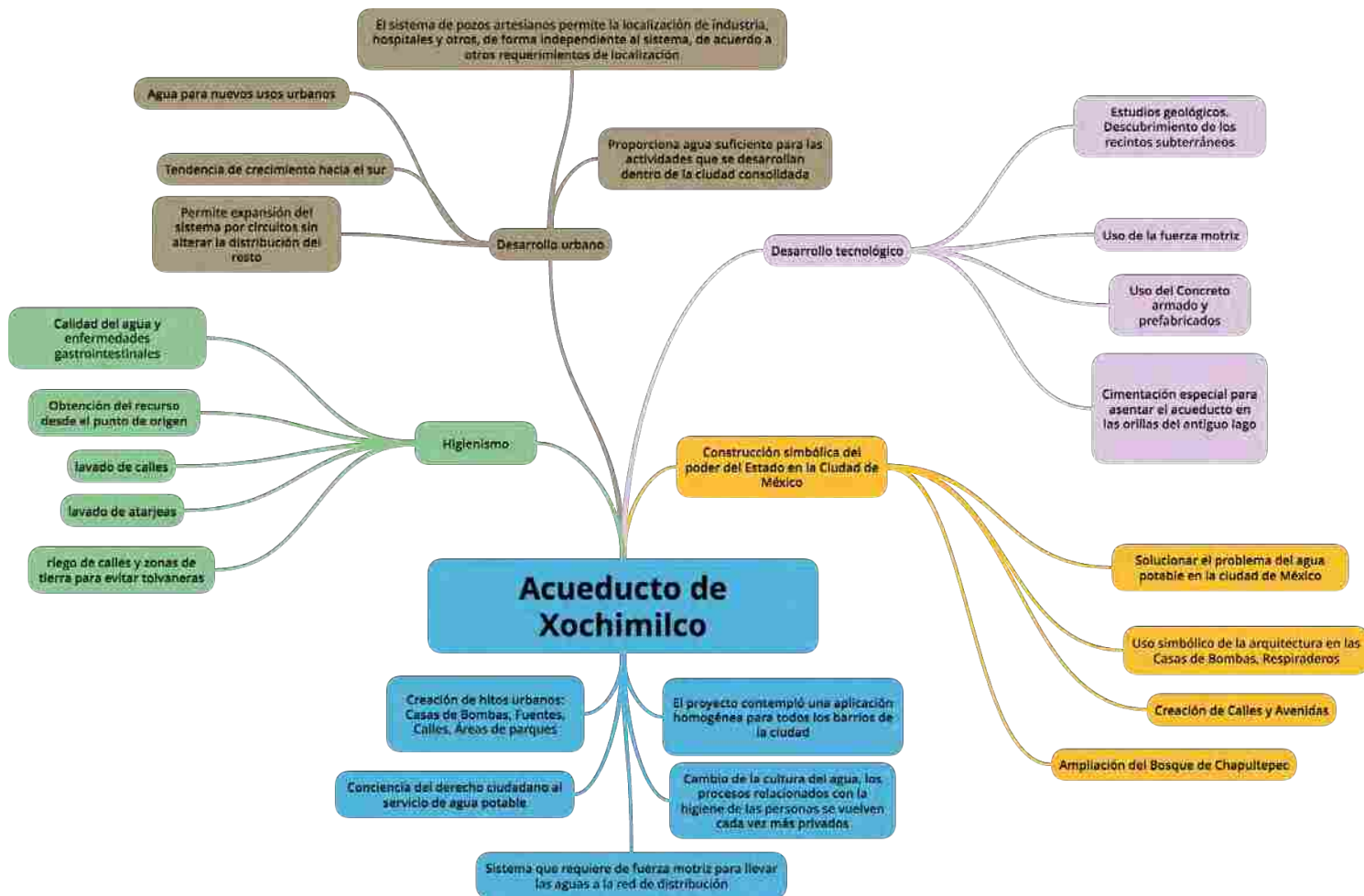


Figura 84. Esquema Resumen del Acueducto de Xochimilco. Elaboración propia

Capítulo III. El Sistema Lerma

3.1. Escasez y perspectivas de suministro de agua a mediados del siglo XX

Las obras de provisión del acueducto de Xochimilco fueron calculadas para una ciudad de 500'000 habitantes; el crecimiento demográfico posterior a la Revolución y las afectaciones que sufrió el acueducto por asentamientos hicieron que los caudales de agua fueran insuficientes. Para 1917, se comenzó a prestar intermitentemente el servicio y se distribuía el agua por bandas horarias a diferentes zonas de la ciudad(D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 15).

En 1926, se realizaron perforaciones de pozos para aprovechar las aguas de los ríos Cuautitlán y Tula (Torres Bernardino, 2014: 87); en 1938, se introdujeron las aguas de Xotepingo al acueducto de Xochimilco, pero la dotación fue insuficiente ante el rápido crecimiento demográfico. El tipo de crecimiento urbano, de baja densidad generó asimismo otros problemas por la carga que representaba la ampliación de las infraestructuras. El abasto de agua de la ciudad se complementó, en muchos de los nuevos fraccionamientos y otras áreas, con la explotación de pozos artesianos, ya que era una solución mucho más rápida y más barata que la extensión de la red de agua potable (Aboites, 1998).

En 1930, la Ciudad de México ocupaba una superficie de 50 kilómetros cuadrados aproximadamente, con una población de 1 millón de habitantes. En este momento los caudales con los que se contaba eran los siguientes:

Tabla 18. Caudales con los que contaba la ciudad de México en 1930

Caudales:	Litros por segundo
Aguas provenientes de Xochimilco	2,200
Aguas de la Serranía de las Cruces	130
Aguas de Pozos Artesianos con Instalaciones en operación	4,580
Agua de pozos artesianos con instalaciones en proceso	500
Aguas de pozos artesianos en la región de Xotepingo	2,000
Total	9,450

Fuente: Molina Eduardo, Obras del Lerma, 1949, p.5

Como puede observarse en el cuadro anterior, una parte superior al 70% de la dotación de agua se realizaba a través de pozos artesianos extrayendo el agua del subsuelo. En 1949, el mayor problema de la Ciudad de México era el déficit en el volumen de agua y la distribución, ya que el agua se prorrateaba por zonas durante seis horas al día. El sistema de aguas, dividido en varios subsistemas no tenía un comportamiento homogéneo, el Acueducto de Xochimilco servía a la ciudad consolidada, de forma intermitente, por la baja presión y las fugas y funcionaba con el apoyo de pozos en la zona de la Condesa. La mayor parte de la expansión urbana se manejaba a través del sistema de pozos artesianos, cuyo número se iba multiplicando por atrás de la demanda.

En ese momento, ya no se tenían fuentes de abastecimiento importantes que pudieran aprovecharse dentro del área del Distrito Federal, por lo que fue necesario realizar un proyecto para introducir el agua desde fuentes externas. En 1925, Plutarco Elías Calles emitió un acuerdo para suspender las concesiones sobre los manantiales del Alto Lerma, consideradas necesarias para el abasto futuro de la ciudad de México³⁴. Después de los estudios realizados sobre los manantiales por Marroquín, la opción más viable para la dotación de agua después de Xochimilco fueron las lagunas del Lerma, por lo cual en 1925 y después de los problemas surgidos a raíz de la descompostura de las bombas en 1922 se consideró prioritario conservar estos manantiales.

En este caso, como ya vimos también reflejado en las memorias del Ayuntamiento de la ciudad de México, desde finales del siglo XIX no se considera suficiente garantía para el abasto de la ciudad que el manejo para la dotación de agua esté en las manos de algún particular, por lo que el decreto suspende todo tipo de concesiones a particulares, tanto para el suministro de agua potable a la población, como para el desarrollo de fuerza motriz³⁵.

En 1929, se ceden los derechos sobre cuatro manantiales al Departamento del Distrito Federal, por parte de las autoridades del pueblo de Atlapulco, municipio de Ocoyoacac, con la condición

³⁴ AHA, Aprovechamientos Superficiales, caja 608, exp. 8801, f.3. acuerdo del Presidente Plutarco Elías Calles, dirigido al Secretario de Agricultura y Fomento, 8 de octubre de 1925. (Citado también por Torres Bernardino, 2014: 88).

³⁵ Existen concesionarios para el aprovechamiento de las aguas del Lerma río abajo, es el caso de la Compañía de Fuerza del Suroeste de México, que le envió al Jefe del Departamento del Distrito Federal una carta donde se opone a la utilización de los manantiales del Alto Lerma, ya que afectaría a la presa Tuxtepec, construida por esta compañía y utilizada para irrigar áreas agrícolas, la compañía aprovechaba el agua almacenada para generar energía eléctrica. (AGN, Presidentes, Manuel Ávila Camacho, exp. 609/203. Carta de G.R.G. Conway, mayo-12-1941).

de que el Departamento construyera la red de dotación de agua potable y la escuela de este poblado³⁶.

En estos años, se fueron realizando obras para paliar la falta de suministro y se realizaron diversos estudios entre 1925 y 1935, para resolver el problema del agua con una proyección hasta 1965, se definió la incorporación de los manantiales de Xotepingo, el proyecto estaba contemplado en tres etapas, la primera a partir de 1933, la segunda a partir de 1945 y la tercera terminaría en 1965.

El proyecto de Xotepingo, última etapa de ampliación del acueducto de Xochimilco, consistió en construir una estación de bombeo en el kilómetro 10 del acueducto de Xochimilco, con una capacidad inicial de 3,750 lts/seg, susceptible de ampliarse hasta 4,500 lts/seg y posteriormente a 7,500 lts/seg, para que se pudieran aprovechar las aguas que todavía era posible captar en la parte sur del Distrito Federal, dicha planta debería descargar el agua a la red de distribución o a los tanques de Dolores, de tal forma que sería innecesario el bombeo realizado en la casa de bombas de la Condesa.

De la estación de bombas de Xotepingo partirían cinco líneas de tubería de hierro fundido, de 1.20 metros de diámetro, dos de ellas paralelas al antiguo acueducto y que lo sustituirían en el tramo a Chapultepec, una sobre la calzada de Tlalpan, hasta encontrar la red de distribución, otra por la parte occidental de la ciudad y el último se dirigiría al cerro de la Estrella, en Iztapalapa, donde deberían construirse en el futuro grandes tanques de almacenamiento, ligados a través de tuberías a la red de la ciudad. (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 16). De esta forma se cambiaría el sistema de distribución de agua de la ciudad, de sur a norte, ya que la ciudad había crecido hacia el sur y la red anterior era de poniente a oriente.

En 1933 se expidió un decreto que facultaba al Departamento del Distrito Federal a lanzar un empréstito de \$25,000,000.00 para ejecutar la primera etapa de las obras de provisión de agua, en la cual estaban comprendidas las obras para sustituir con dos tubos de fierro fundido el antiguo acueducto de Xochimilco y la construcción de la nueva estación de bombeo.

Se iniciaron las obras adquiriéndose un terreno de 30 Ha en el rancho de Xotepingo, para la construcción de la nueva planta, realizada sobre pilotes de concreto, y construida con estructura de acero y revestida exteriormente en la parte baja y en las pilastras, con piedra

³⁶ AHEM, Fomento, vol. 12. Exp. 13. Oficio de los comisarios y representantes del pueblo de San Pedro Atlapulco, Blas y Maximino Villa, dirigido al gobernador del estado, 30 de septiembre de 1929. (Citado también por Torres Bernardino, 2014: 88).

basáltica de recinto y el resto de fachada con cantera chiluca. La arquitectura de la planta es distinta de las anteriores, ya que en su interior puede apreciarse las diferentes funciones sin separaciones, quedando así a la vista las válvulas y tuberías.

La planta esta constituida por un edificio de 73 metros de largo, 35 de ancho y 13 de altura, dividido de forma longitudinal en dos crujiás; en una de ellas se instalaron las seis bombas, tres con capacidad de 1,500 lts/seg y 3 de 750 lts/seg cada una. Se dejó lugar para la instalación de dos bombas más y se colocó el sistema de válvulas tubería que serviría para la construcción de las cinco líneas de conducción.

Se tuvo especial cuidado en su diseño y construcción para que cualquier desperfecto que sufriera pudiera ser reparado rápidamente, para lo cual se determinó que todas las válvulas fueran iguales, que las tuberías fueran de tamaño reducido y se dejó instalada una grúa viajera, que permitiría simplificar las reparaciones. (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 15).

Esta nueva planta³⁷ quedó ligada al acueducto de Xochimilco por medio de tres líneas de tubería de fierro fundido de 1.20 diámetro y la conexión se realizó a través de una caja de concreto que envolvió un tramo del antiguo acueducto, que fue extraído después por secciones, para lo cual fue necesario suspender el servicio durante algunas horas. La operación de esta planta se hizo desde el principio para que funcionara de forma automática.

La planta de Xotepingo y el acueducto Xotepingo-Condesa tuvieron un costo de 9,225,000 de pesos y permitieron recuperar un gasto de 1,100 lts/seg al acueducto. (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 15).

En el periodo comprendido entre 1936 y 1944 se perforaron diversos pozos, según Torres Bernardino, "... se perforaron 93 pozos profundos en el valle de México, lo que aceleró el hundimiento en algunas partes de la ciudad." (Torres Bernardino, 2014: 88)

Por otro lado, en esta época estaba perfectamente establecido que el proceso de hundimiento de la Ciudad de México tenía -y tiene-, como causa principal la extracción de agua del

³⁷ En los 40's se fraccionó la Hacienda de Xotepingo y surgieron varias colonias, el fraccionamiento "Ciudad Jardín", que tiene a la planta de Xotepingo como remate, la colonia Xotepingo y el Reloj. Se agotaron los manantiales Acuecuexatl (Acuecuexco), Xochicayapa, Tlatipilooa, Temomusco y Misconco, y los ojos de agua Momoluco o de Los Camilos y Atlilliquecan, como resultado indirecto de la apertura de la central de bombeo de agua potable en Xotepingo para dotar de agua al centro de la ciudad, según José Luis Aguilar (Coyoacán de mis recuerdos, 1978, p. 41)

subsuelo, identificándose las consecuencias que este fenómeno ejerce sobre el drenaje, las inundaciones y la estabilidad de los edificios³⁸. Esto determinó la búsqueda de fuentes externas para la dotación de agua potable, que permitieran que dejaran de funcionar los pozos artesianos en las zonas que presentaban mayores niveles de hundimiento.

³⁸ “Por lo visto, desde entonces se consideraba que solamente existían dos fuentes de abastecimiento posibles de utilizarse y se eligió la más ventajosa, por requerir obras de menor costo y porque la fuente de abastecimiento se encontraba a inmediaciones de la ciudad y dentro del territorio del Distrito Federal: pero llegamos a una situación crítica, en la que ya no existen fuentes de abastecimiento de importancia que se puedan aprovechar y, aún más, es ya motivo de preocupación la extracción de las aguas subterráneas del subsuelo del Distrito, porque ello contribuye a perturbar sus condiciones de equilibrio, con graves consecuencias para los edificios y para el sistema de saneamiento y desagüe, y ante todo ello predominó el criterio de restringir la extracción de agua del subsuelo y se impuso la necesidad de proveer a la ciudad de fuentes diferentes.” (Obras del Lerma, 1949: 6)



Figura 85. Tuberías de fierro fundido para la reconstrucción del acueducto de Xochimilco. Informe que rinde C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, de la obra se inició durante el año de 1934 a los habitantes del Distrito Federal, 1934, p.65. Se rehizo el tramo entre Coyoacán y la Condesa.



Figura 86. Tuberías de Fierro fundido para la reconstrucción del acueducto de Xochimilco. Informe que rinde C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, de la obra se inició durante el año de 1934 a los habitantes del Distrito Federal, 1934, p.66



Figura 87. Pozo de Xotepingo. Broca de 1.30 metros. Informe que rinde C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, de la obra se inició durante el año de 1934 a los habitantes del Distrito Federal, 1934, p.70



Figura 88. Pozo de Xotepingo. Soldando tubos del revestimiento del pozo. Informe que rinde C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, de la obra realizada durante el año de 1934 a los habitantes del Distrito Federal, 1934, p.71

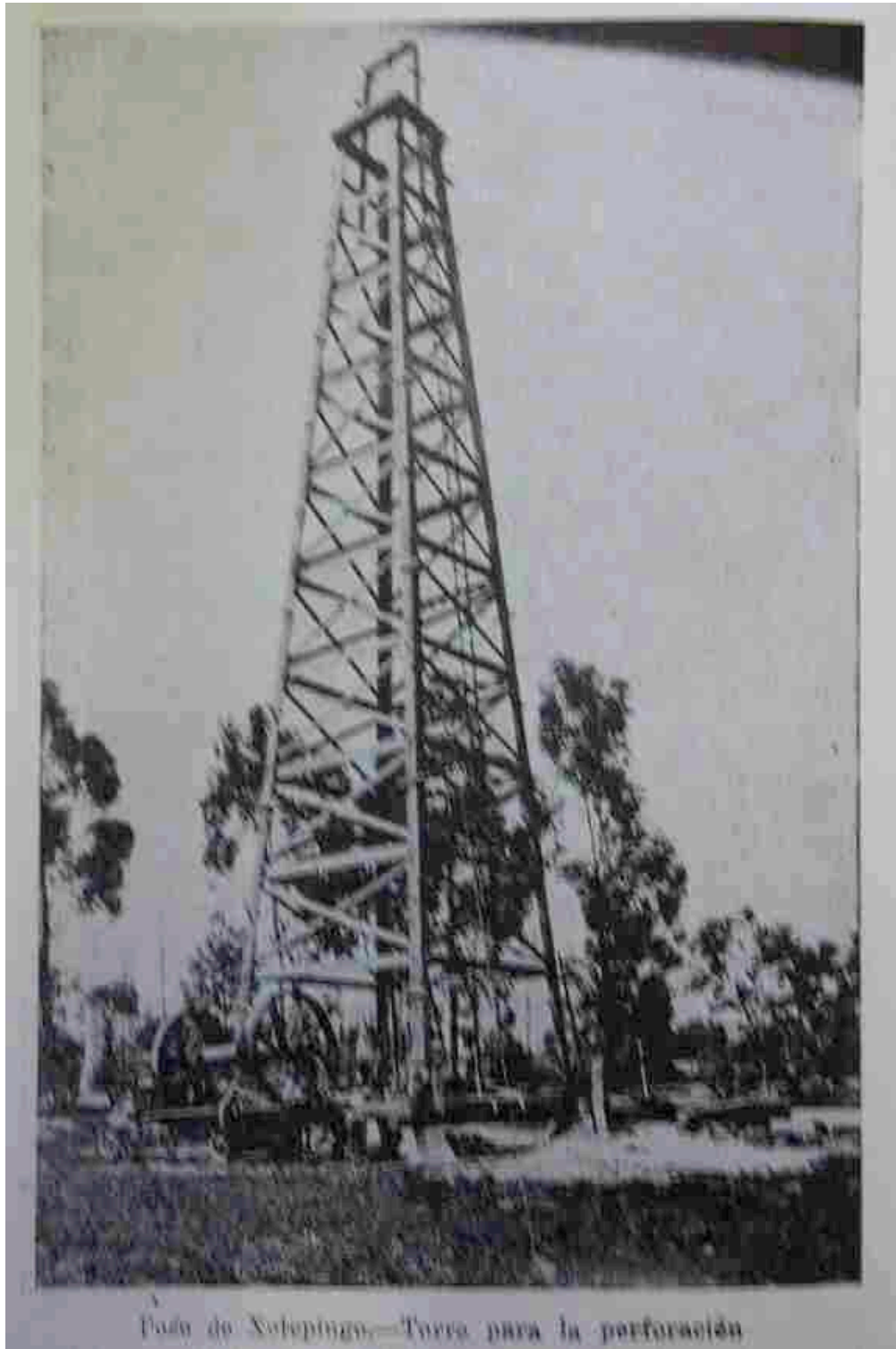


Figura 89. Pozo de Xotepingo. Torre para la perforación. Informe que rinde C. Jefe del Departamento del Distrito Federal, de la obra realizada durante el año de 1934 a los habitantes del Distrito Federal, 1934, p.72



Figura 90. Bombas de Xotepingo, Cia. Mexicana Aerofoto S.A., 1940, obl_sn_001766r, Fundación ICA. En la zona que aparece en color blanco se contruyó el fraccionamiento “Ciudad Jardín”.



Figura 91. Bombas de Xotepingo, Cia. Mexicana Aerofoto S.A., 1940, obl_sn_001767r, Fundación ICA



Figura 92. Bombas de Xotepingo, Cia. Mexicana Aerofoto S.A., 1940, obl_sn_001776r, Fundación ICA

El crecimiento poblacional de la ciudad de México, debido a las mejoras en la higiene y salud de la población y a la migración campo ciudad, se ven reflejas en las siguientes estadísticas:

Tabla 19. Crecimiento de Población, 1910-1940

Año	Habitantes
1910	471,066
1920	615,367
1930	1,029,068
1940	1,448,422

Fuente: (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 17).

Los gastos de agua también aumentaron, aunque la dotación por persona tendió a disminuir:

Tabla 20. Gastos de agua 1910-1940

Año	Lts/seg	M3/día
1910	1,700	146,880
1920	2,200	190,080
1930	3,100	267,840
1940	4,300	371,520

Fuente: (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 17)

De lo anterior se tiene un volumen diario por persona de:

Tabla 21. Dotación diaria por habitante en lts/seg

Año	Lts/seg
1910	311

1920	308
1930	260
1940	256

Fuente: (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 17).

Sin embargo, en las memorias del D.D.F., se considera que estos datos están sobredimensionados por las pérdidas y fugas y consideran que la dotación real era la siguiente:

Tabla 22. Dotación diaria real por habitante Lts/seg, 1910-1940

Año	Lts/seg
1910	218
1920	215
1930	182
1940	199

Fuente: D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 17.

Según el cálculo que efectuaba en ese momento el Departamento, la dotación de líquido por persona debería ser de 400 lts diarios.

Los datos relativos al crecimiento de la red de distribución y del número de tomas muestran un aumento significativo del número de habitantes servidos, sobre todo a partir de 1940:

Tabla 23. Crecimiento de la Red de Distribución, 1910-1940

Año	Tomas	Red en kilómetros
1910	12,000	150
1920	20,000	300
1930	23,000	450

1940	70,000	970
1946	120,000	1,600

Fuente: D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 18

En estos datos puede verse que a pesar del esfuerzo realizado en el aumento de la red de distribución y en el número de tomas domiciliarias, los flujos de agua no aumentaron de la misma forma, es por esto que a partir del año de 1937 se iniciaron los estudios para buscar fuentes alternas que complementaran el gasto de agua.

Las estadística de este periodo proporcionan un dato de crecimiento anual cercano a los 60,000 habitantes, con una población total para la ciudad de 2,600,000 habitantes hacia 1940, la proyección de la población cuando las obras estuvieran terminadas, alrededor de 1950, era de 3,000,000 de habitantes.

Las obras del Lerma se planearon para resolver los problemas de abasto de la ciudad en los siguientes cinco años, como una primera etapa. Se planteó, quizá por primera vez, que el problema del abasto implicaría para la ciudad continuar haciendo obras de dotación para ir ampliando la capacidad del sistema de acuerdo al crecimiento demográfico y urbano de la ciudad.

La obtención de agua implicará obras constantes a lo largo de períodos prolongados y la posibilidad de un enorme crecimiento para la ciudad de México, ya que en las siguientes décadas -a partir de esta experiencia-; se empiezan a analizar todas las cuencas del centro del país, para iniciar proyectos de factibilidad para la dotación de agua a la ciudad.

La expansión del hinterland de la ciudad de México a través de las infraestructuras del agua dejará este acueducto dentro de la administración del actualmente llamado Sistema de Aguas de la Ciudad de México, organismo que controla en este momento la gestión del agua potable, pero el crecimiento posterior, el acueducto del Cutzamala, estará ya dentro de la esfera federal.

El Ingeniero Enrique Molina fue el coordinador del plan, siendo Director de Aguas y Saneamiento del Departamento del Distrito Federal. El proyecto general consistió en la captación de aguas del lado oriental de la Laguna del Lerma y su conducción hasta la zona de

los Tanques de Dolores, donde se realizó la integración entre los dos sistemas: Lerma y Xochimilco, al conectarse el Cárcamo con los Depósitos Distribuidores que pasaron a funcionar como reservorios para la distribución del agua por gravedad a la ciudad. De forma paralela, se hizo una considerable cantidad de obras de compensación en la zona del Alto Lerma que buscaban tanto indemnizar por la extracción del agua, como reparar condiciones históricas de desigualdad y pobreza.

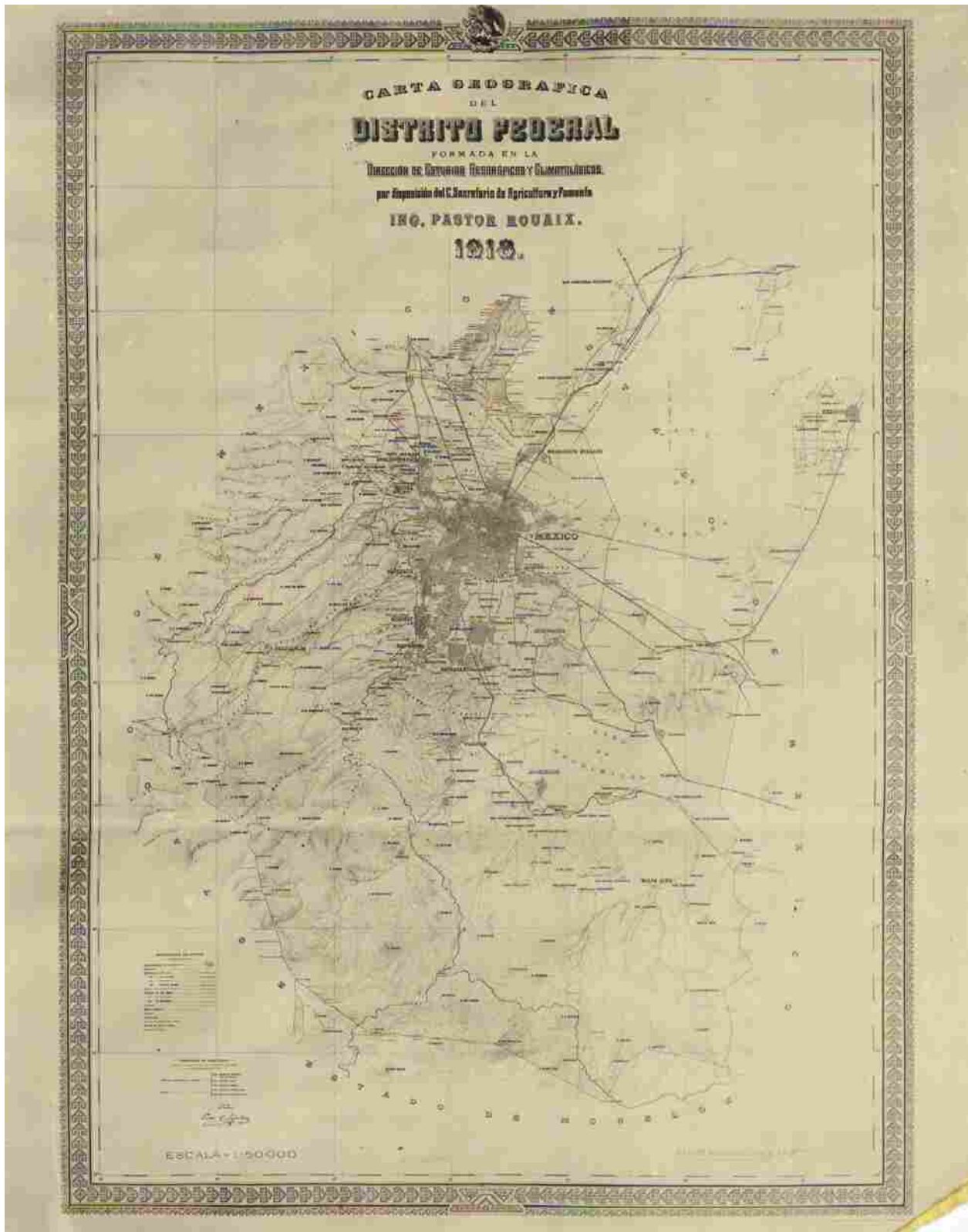


Figura 93. Carta del Distrito Federal, 1918, Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, D.F., CGDF-V12-57--CGE-725-B. Evolución del área urbana

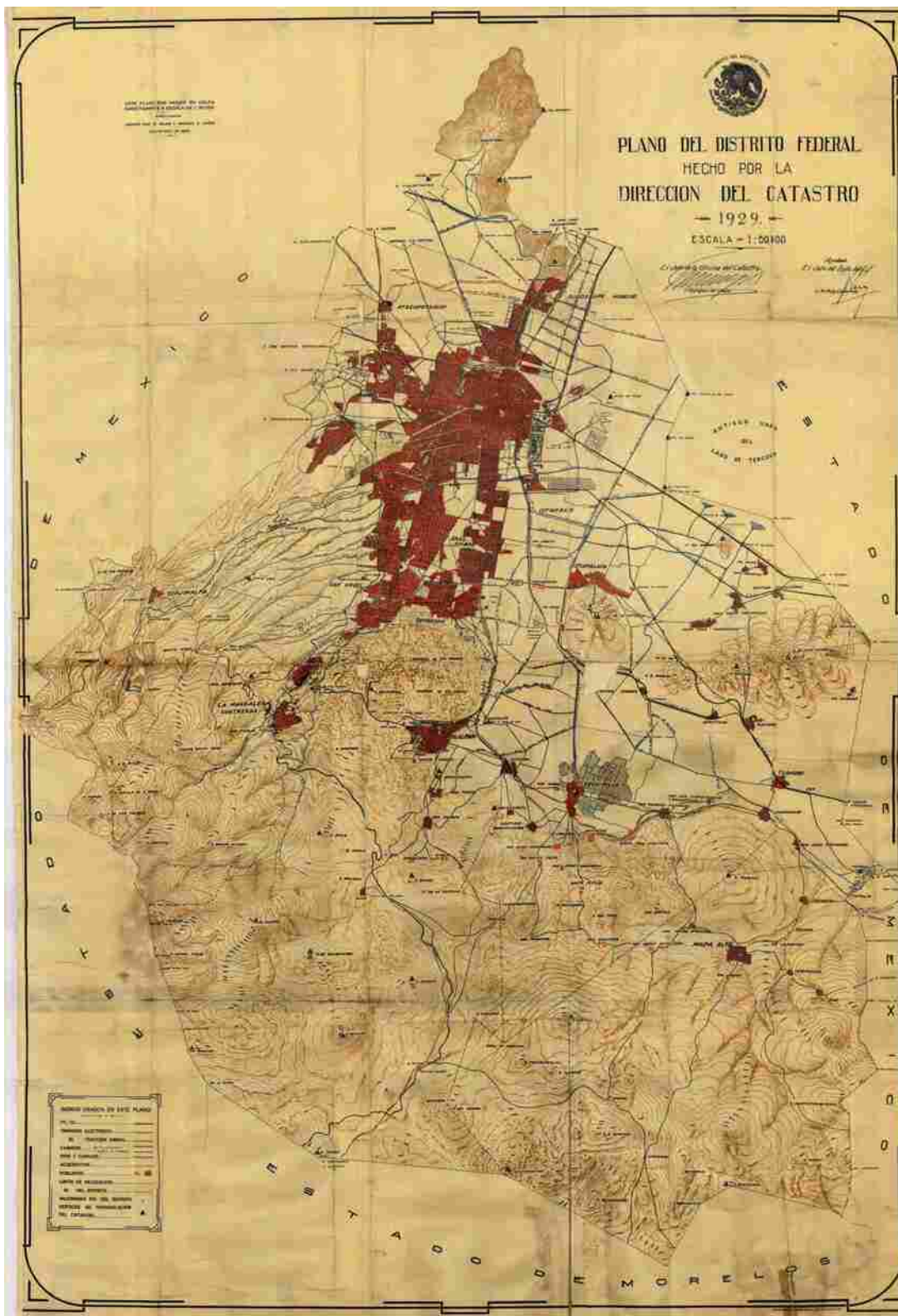


Figura 94. Plano del Distrito Federal, 1929, Dirección de Catastro, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, D.F., 1421-CGE-725-A
Evolución del área urbana

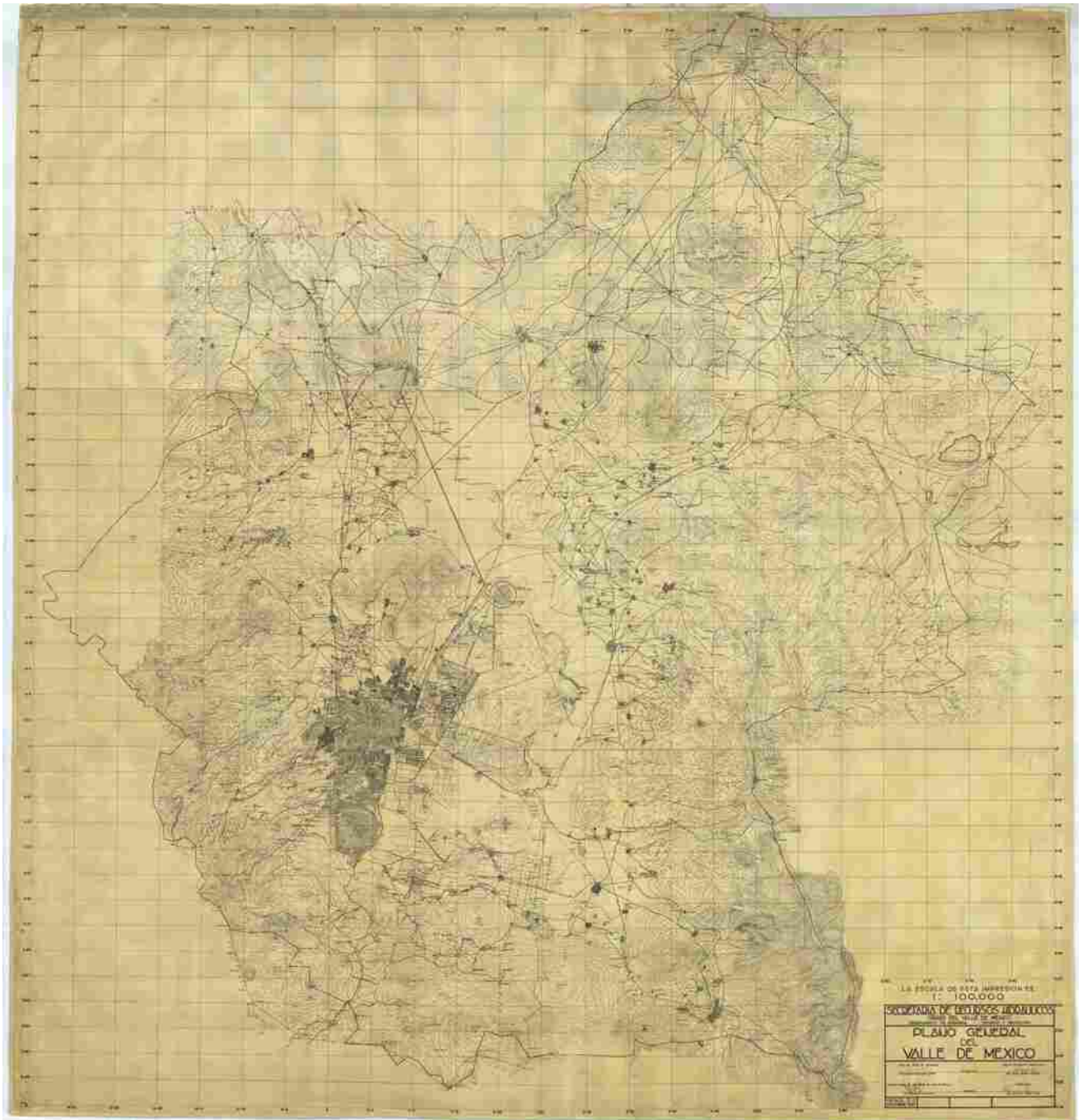


Figura 95. Plano General del Valle de México, 1947, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, D.F., 48-CGE-7251-A
Evolución del área urbana

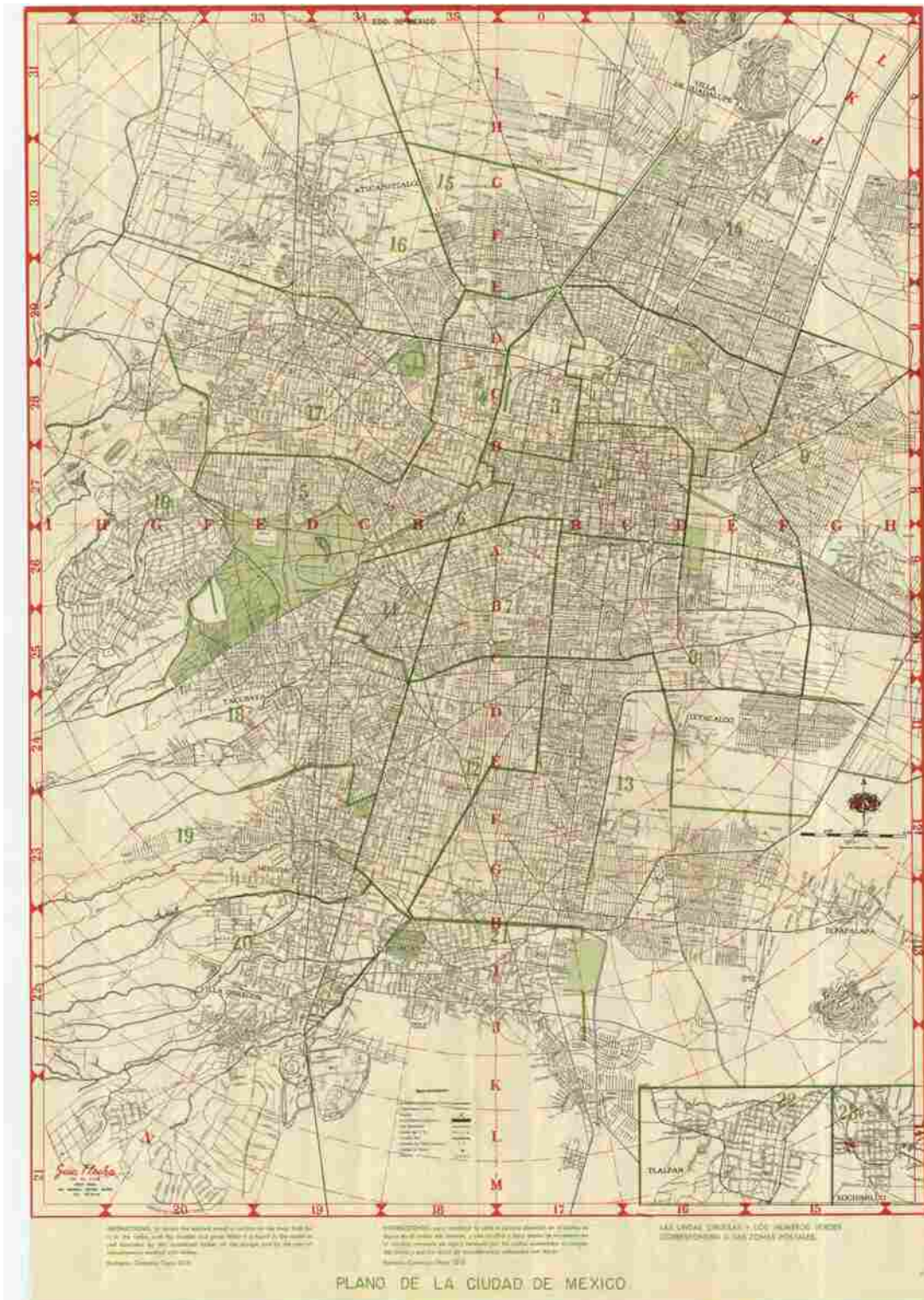


Figura 96. Plano de la Ciudad de México, Guía Flecha, 1955, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, D.F., 2013022801-CGE-7252-A Evolución del área urbana

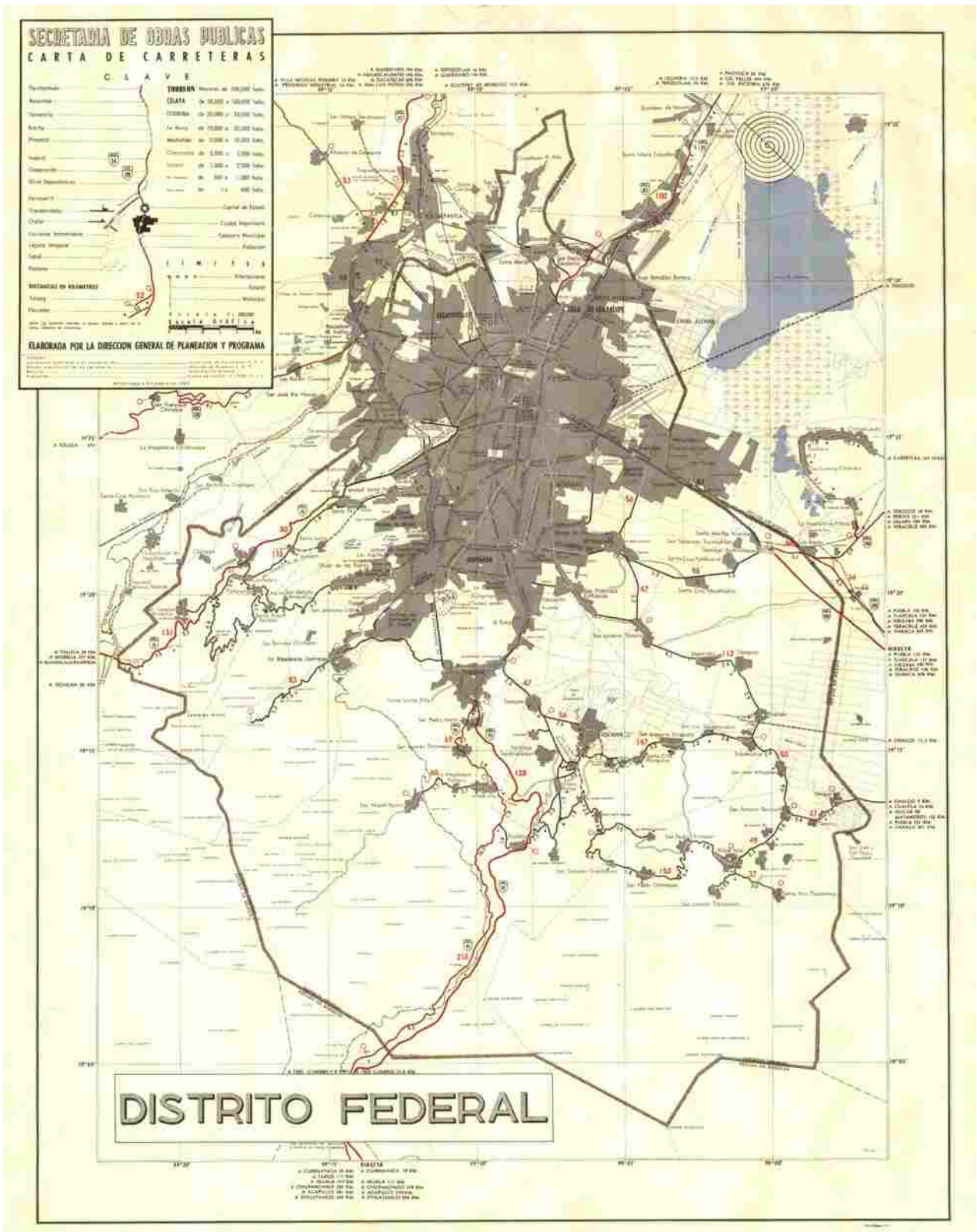


Figura 97. Mapa de Carreteras Distrito Federal, 1963, Secretaría de Obras Públicas, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, D.F., CGDF-V12-58-CGE-725-A Evolución del área urbana

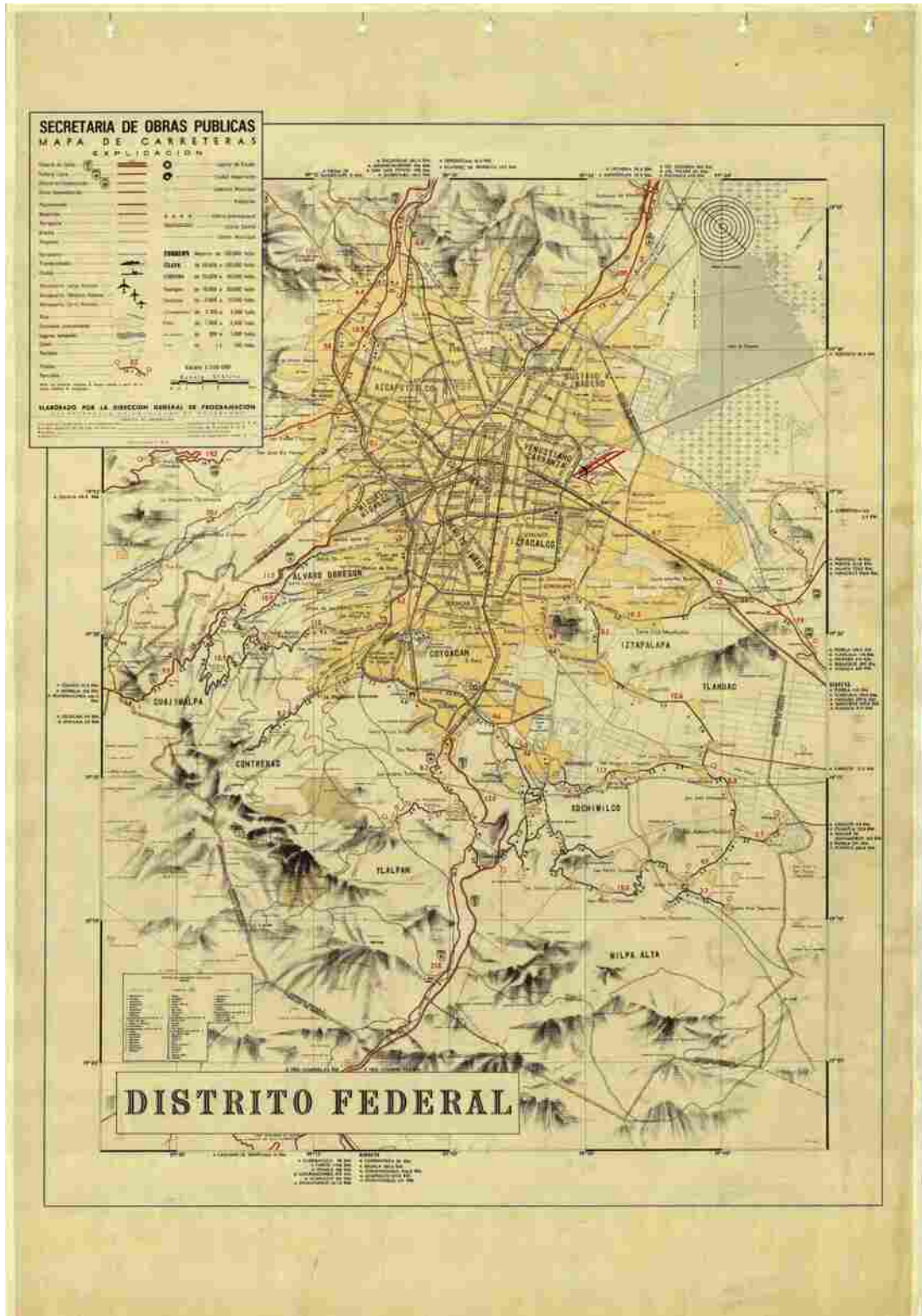


Figura 98. Mapa de Carreteras Distrito Federal, 1973, Secretaría de Obras Públicas, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, D.F., CGDF-V13-5-CGE-725-A Evolución del área urbana

3.2. La Cuenca del Lerma.

Para entender el funcionamiento de la Cuenca y los recursos hídricos aprovechables, así como el estudio geológico de la zona se utilizaron para la elaboración del proyecto, estudios anteriores efectuados en la zona a partir de 1911, el último corresponde al año de 1944 y nos presenta un panorama general que resume los datos anteriores y describe los nuevos hallazgos que permiten apreciar el estado de la Cuenca Alta del Lerma en ese año; fue realizado por el Ingeniero Vicente Gálvez.

3.2.1. Características geográficas de la Cuenca del Lerma.

Geográficamente, la zona se encuentra rodeada de una zona montañosa, que tiene como elevaciones principales Corona, Ocoyotongo, Atlapulco, Judío, Las Palomas, Escalerillas, La Campana, San Jerónimo y San Nicolás. En el terreno hay varias elevaciones que no alcanzan grandes alturas, situados en los flancos montañosos, muestran rasgos de ser aparatos volcánicos por donde hubo derrames basálticos, alternando con materiales que formaron las brechas y tobas que ahí se localizan³⁹.

En el fondo de la Cuenca de Lerma se yerguen otras alturas, también de baja elevación, que interrumpen la llanura, como el Cerro de Tepozoco, Chapultepec, El Cerrito, Metepec y El Calvario.

El terreno no es suave y uniforme, pues iniciándose en la llanura con relieve poco variado a medida que asciende toma la forma de lomas y colinas de contornos suaves que terminan en superficies poco accidentadas y constituyen escalones que se suceden antes de encontrar las partes altas de la sierra como por Tlaxcoapa, Santa Fe, Mexapa y Amomolalco. Esto cambia en la zona de Texcaltenco y Pedregal de Guadalupe. De Amayalco a San Nicolás Peralta, se diluye la formación escalonaría, y se inician las pendientes que con cierta uniformidad se prolongan hacia la cima de las montañas.

Hay varias hondonadas y barrancas como la de la Lagunilla, San Lorenzo, Coatepec Capulhuac, San Miguel Almaya, Ocoyoacac y Ameyalco; manifestando algunas gran cantidad de material basáltico, que hacen presumir que eran el sitios de barrancas antiguas, que fueron rellenadas por productos de las emisiones volcánicas. Esta particularidad es notable en San Lorenzo, Cerros Negro y Cuahuatl y entre San Miguel Almaya y la Hacienda Texcalpa, donde

³⁹ Lo datos geográficos fueron tomados del Atlas de la Cuenca del Lerma-Chapala, 2006, SEMARNAT/INE/UNAM

forman los pedregales de Tlaxcaltenco y Guadalupe. La superficie de estas acumulaciones de roca ígnea es muy desigual, rugosa y llena de cavidades, disposición de gran interés bajo el punto de vista de la infiltración, pues ahí se recogen y filtran las aguas que posteriormente alimentan los manantiales inferiores.

La Lagunilla es una depresión ligera, al pie del Cerro Tlanquizco: no tiene ninguna salida y por lo tanto, las aguas que ahí se acumulaban crearon una laguna de aguas templadas (18° C).

La Hondonada de San Lorenzo, donde concurren las barrancas de Ocotenco, Coatepec y El Padre, terminan cerca de la Laguna de Lerma, hacia los manantiales de Izcahuyoapita, Izcahuyoapa, Pretunta, Texcoapa y Tecalco. Esta depresión se extiende hasta el Pedregal de San Lorenzo, donde se sumergen las aguas recolectadas en la temporada de lluvia.

La de San Miguel Almaya está ocupada en la parte baja por la Laguna de Almaya y un poco más arriba por la Laguna de la Victoria. La hondonada de Ocoyoacac aloja los cauces de los ríos de Ocoyoacac, Arroyo Texcalpa y parte del Río Salazar. La de Ameyalco y Atarasquillo contiene como principal el Arroyo de Alférez, donde inicia el túnel del Atarasquillo-Dos Ríos.

Varios arroyos y ríos, de los cuales algunos llegan a la Laguna del Lerma y otros no, porque se pierden en los flancos de las montañas, constituyen la red hidrográfica de la zona, los principales son el Jalatlaco, Atlapulco, Ocoyoacac, Salazar, Alférez y Analco.

3.2.2. El río Lerma

Las aguas que dan origen al río Lerma provienen directamente de las precipitaciones pluviales y llegan a él por dos caminos diferentes, la red superficial y la subterránea. Las aguas superficiales eran consideradas de menor calidad por la cantidad de contaminantes que arrastraban (lodo, bacterias). Las aguas subterráneas son las que se infiltran en el terreno permeable de la serranía de Las Cruces y se dirigen, hacia el este al valle de México, formando ríos y manantiales en el oeste y sur del valle; y las que se filtran hacia el oeste, que afloran en el valle de Toluca, a los pies de la sierra.

En este valle, los manantiales se extienden a lo largo de 22 kilómetros, distribuidos a los pies de la sierra y tienen un carácter poco profundo. Los principales manantiales situados en el valle afloran en el extremo de los macizos que entran más al valle, lo que demuestra el carácter del manto impermeable de poca profundidad. Las aguas de los manantiales se reconocen en la parte baja del valle de Toluca y forman el río Lerma, que lo cruza de sur a norte, teniendo su

origen en el pueblo de Almoloya del Río, en la falda de la colina, y la salida en el extremo norte a 35 kilómetros aproximadamente de su origen en el pueblo de San Bartolo Otzolotepec. La salida tiene una sección insuficiente para desalojar las aguas recogidas en la cuenca, lo que hace que la línea de la pendiente hidráulica se eleve produciendo inundaciones en las zonas planas colindantes al río. El terreno inundado forma tres lagunas divididas por los puentes de Atenco y Lerma, en el extremo de la tercera laguna, donde desaguan las anteriores se encuentra el puente de San Bartolo Otzolotepec, de ahí en adelante el Lerma continúa como río. Al iniciarse los estudios, las lagunas tenían una superficie de 10,569 Ha, con una longitud máxima de 35 kilómetros y 5 kilómetros de ancho.

3.2.3. El proyecto del Sistema Lerma.

El Río de Atlapulco desemboca en la Laguna de Almaya, y cerca de esa laguna, en el periodo de lluvias del año 1944, se dio un contingente acuífero de 192.8 litros por segundo. El Río Salazar, afluente del de Ocoyoacac en ese mismo año presentó un gasto de 100 litros por segundo. El Arroyo Alférez –antiguamente un arroyo permanente-, dio 173 litros por segundo. En el año de 1944, estaba ya casi sin corriente por haberse agotado el manantial de “Nace el Agua” que lo abastecía. Toda la red hidrográfica es tributaria del Río Lerma o Santiago de la Vertiente del Pacífico.

La Laguna de Almaya, limitada por la texcalera de San Miguel y por los Cerros Clarín o Victoria, Las Peñas, Coyote, Apipulco, Los Cuates y Quilotzin, vierte sus aguas por un sumidero localizado en su extremidad Norte. Está alimentada, además de las precipitaciones pluviales, por el Río de Atlapulco y por tres manantiales que brotan entre los basaltos de sus márgenes. Las aguas de esta laguna, al escapar por un canal hacia el sumidero, en 1944 dieron un gasto de 286 litros por segundo, al final de este canal se le une el Río Atlapulco, habiéndose medido el conjunto dio un total de 304 litros por segundo. La Laguna de Victoria, situada en la misma depresión, se abastece de las aguas pluviales y con las del manantial de Victoria.

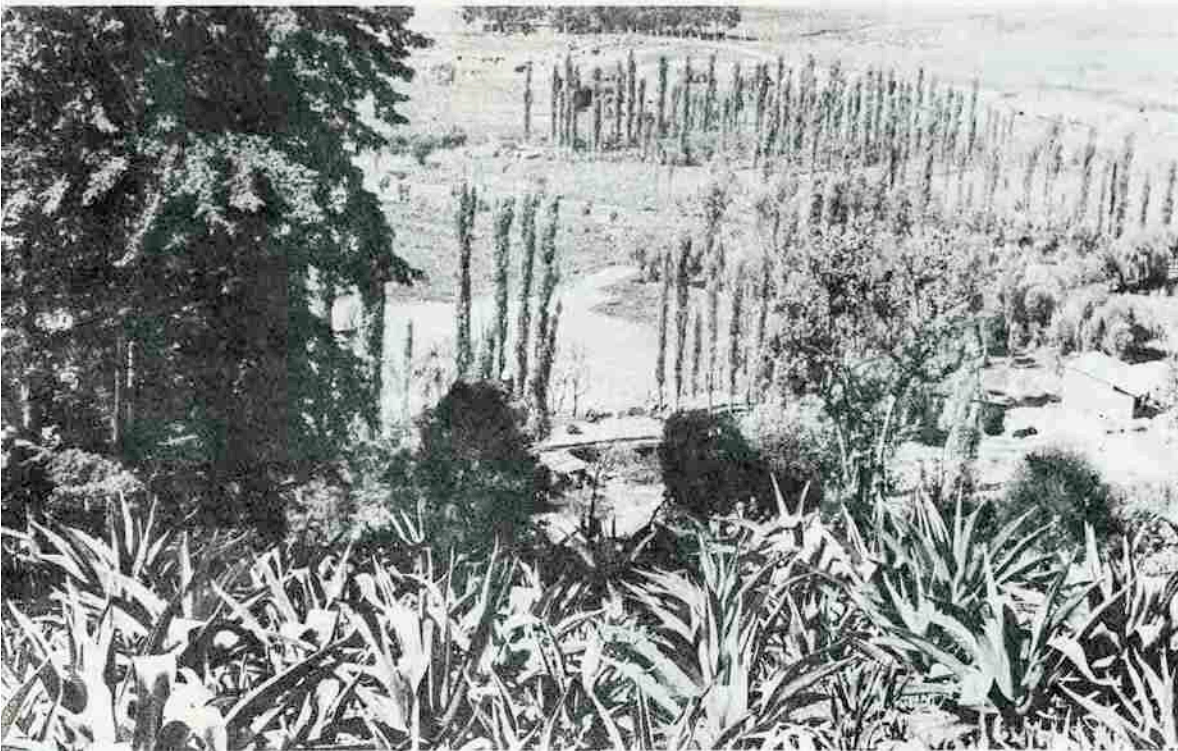


Figura 99. La Laguna del Lerma, antes del aprovechamiento de los manantiales. D.D.F., D.D.F. de agua potable.

1951

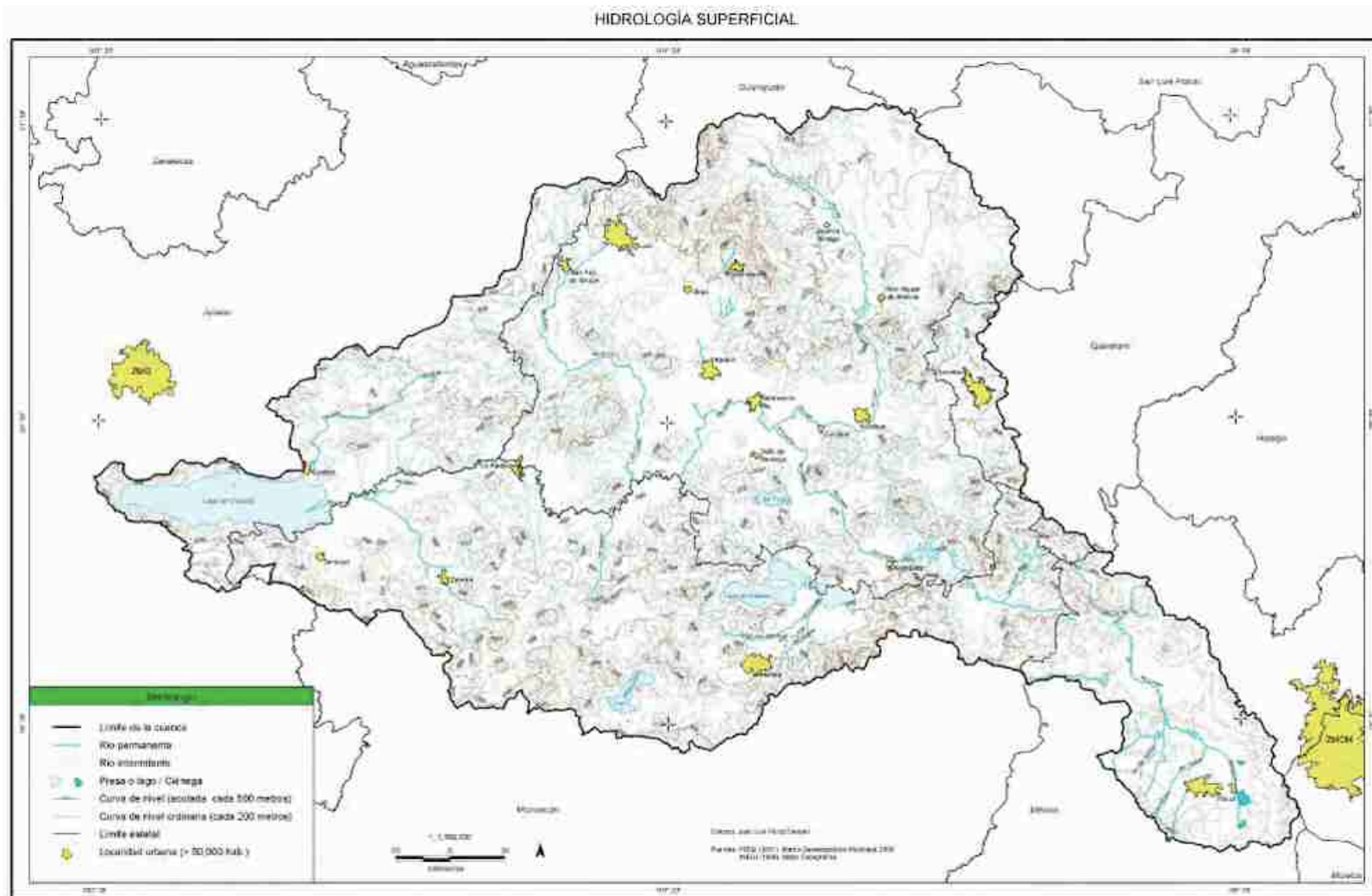


Figura 100. La Cuenca de Lerma-Chapala, en *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala*, 2006, INE/SEMARNAT/UNAM

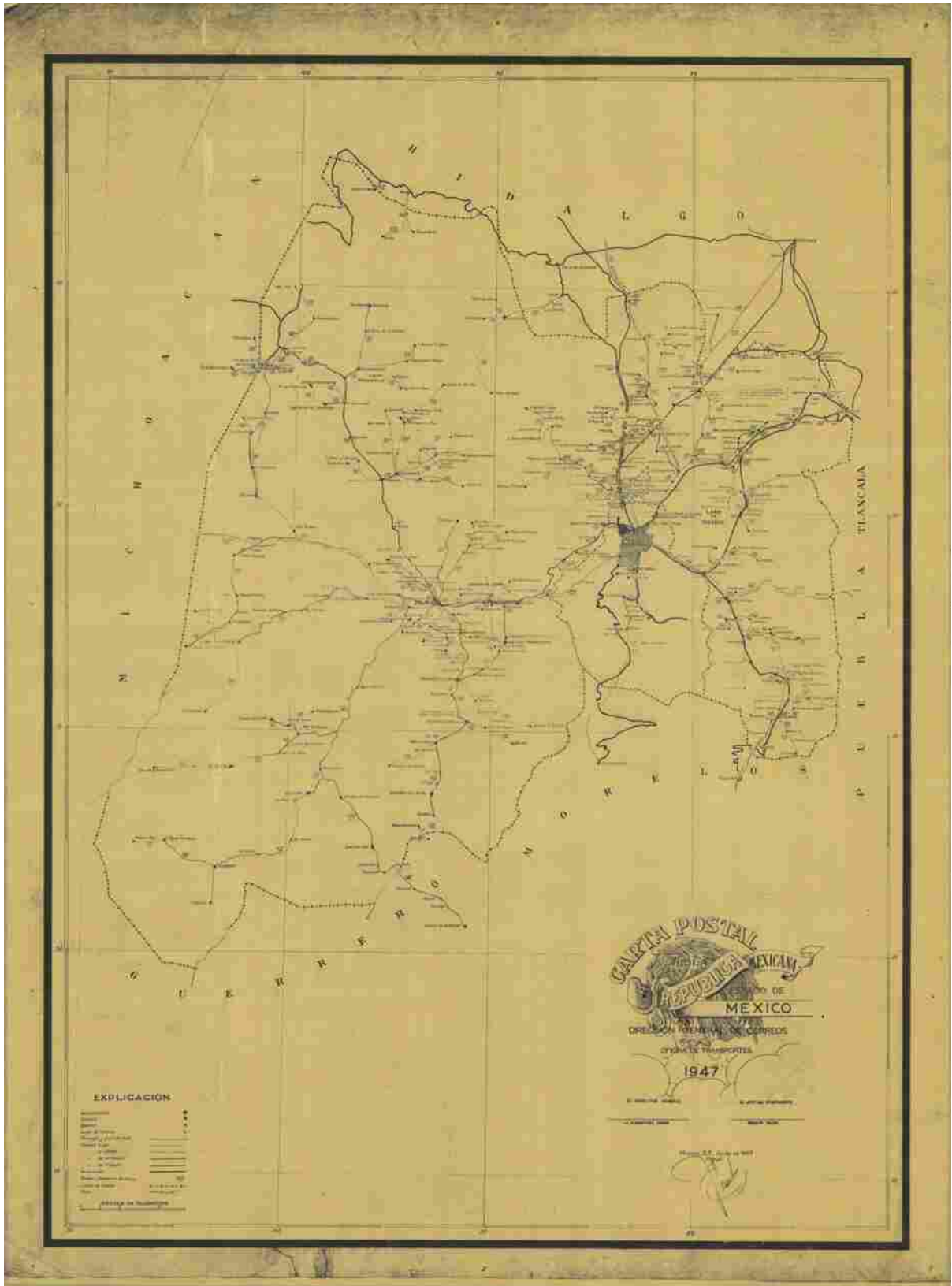


Figura 101. Carta Postal de la República Mexicana, Estado de México, julio de 1947, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Estado de México, CGMEXV11-13-CGE-7251-A

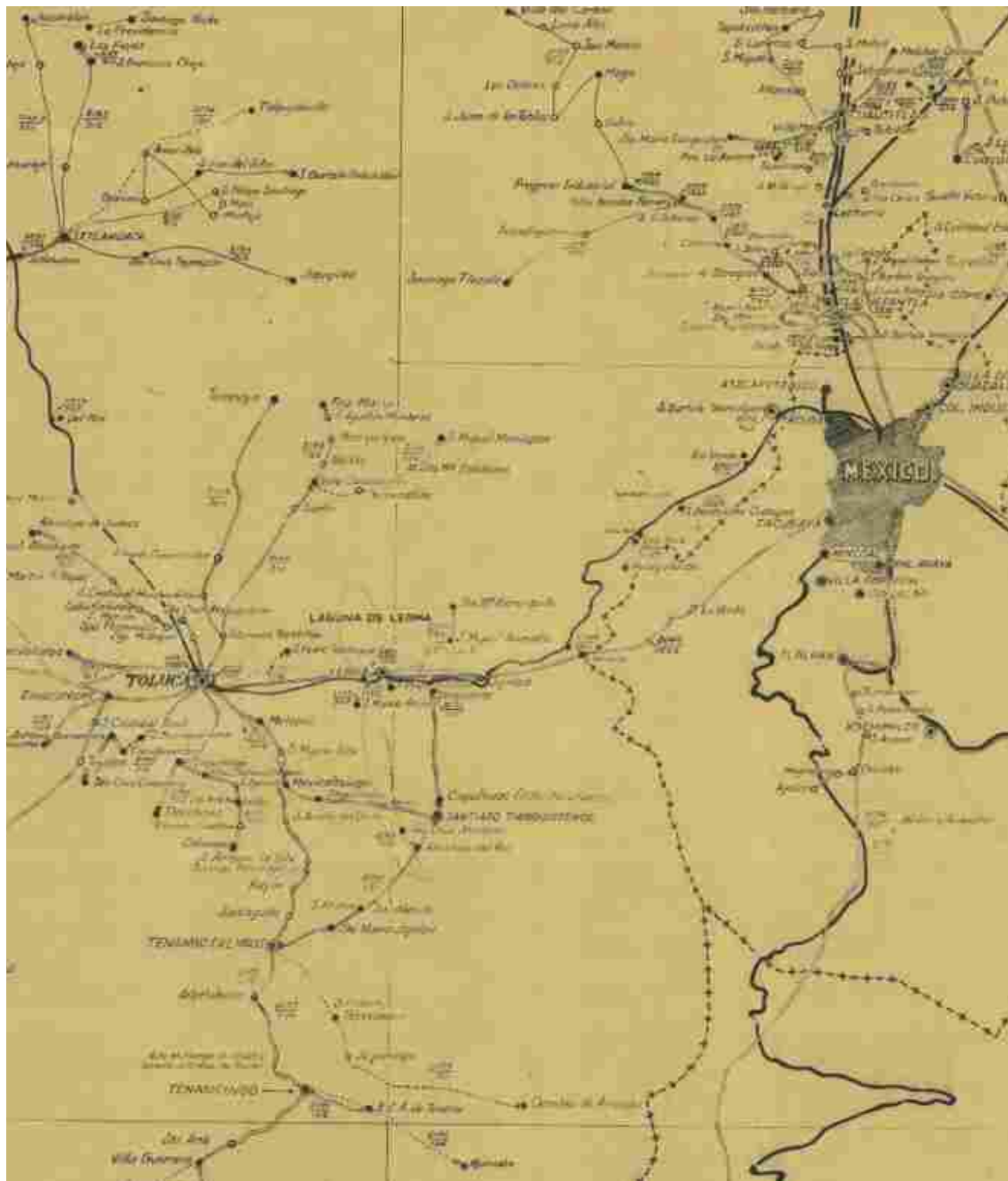


Figura 102. Detalle, Carta Postal de la República Mexicana, julio 1947, Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Estado de México, CGMEXV11-13-CGE-7251-A

Es importante remarcar que en el momento de inicio de las obras ya se observaban problemas de deforestación de la zona y labores de desecamiento de las áreas pantanosas de las lagunas; se insistía entonces en la necesidad de revertir este proceso para garantizar un gasto adecuado de agua en el acueducto, sin embargo, en los años siguientes, este problema solamente se profundizó.

Por otro lado, en *Las Obras del Lerma*, se señalan ya algunas de las alteraciones importantes en los flujos subterráneos producto de las perforaciones, que afectaron las filtraciones que daban origen al manantial de “Nace el Agua” y que tuvieron como consecuencia el desecamiento del Arroyo Alférez que en esa época ya corría solamente en época de lluvias.

Para el agua en circulación subterránea el informe manejó 8,395 litros por segundo, sin embargo, muchos de los datos correspondían a mediciones efectuadas en el área de llanura en los años 1902 a 1914. Se tomaron los datos de precipitaciones del Sistema Meteorológico Mexicano para Santiago Tianguistengo y Ocoyoacac. En el estudio hay una falta de datos precisos sobre la altura de lluvia media en la llanura, la altura de lluvia media en la zona montañosa y de otros datos permeométricos que se determinaron por procedimientos indirectos y pueden haber dado lugar a estimaciones exageradas, que provocaron una afectación de la cuenca hídrica.

Se consideró una superficie de 700,000,000 m², que incluyó varios de los manantiales que se incorporaron al proyecto del Sistema Lerma, aplicándose un coeficiente de escurrimiento de 0.174, determinado por el ingeniero Villarelo. Tomando como dato base que 46.6% de infiltración fue para la evaporación física y fisiológica dio los siguientes resultados: agua de precipitaciones pluviales 19,487 lts/seg, escurrimiento 3,391 lts/seg, infiltración 16,096 lts/seg, evaporación 7,501, evaporación y escurrimiento 10,892 y agua de circulación subterránea 8595 lts/seg. (*Las Obras del Lerma*: 1949: 18)

En las últimas mediciones se determinó que las aguas infiltradas eran mayores a las que brotaban en los manantiales en 3,881 lts/seg, concluyéndose que esta diferencia correspondía a algunos manantiales que no fueron tomados en cuenta y al agua que era absorbida por la tierra.

De acuerdo a la disposición de los materiales del complejo geológico, estudiada en ese momento, el modo de aflorar de las aguas subterráneas y las características de las mismas, se dedujo que las aguas de lluvia se precipitaban en la superficie del terreno abrupto y escarpado,

en los flancos de las sierras, que desaparecen hacia el fondo de la cuenca. De esas aguas, una parte llegaba a la Laguna del Lerma, salvo aquella que iba quedando confinada en pequeñas depresiones o cuando se encontraban con el cauce del río Atlapulco. Otra parte era retenida por las desigualdades del terreno y por la vegetación: una parte se filtraba, otra se perdía por evaporación y otra la absorbían las plantas y la hidratación de rocas y tierras.

De acuerdo a lo anterior se concluyó que:

1. Las aguas que circulaban por las fracturas de las andesitas, se revelaban en manantiales que en lo general tenían poco gasto.
2. Las que circulaban por los materiales basálticos descendiendo hasta las tobas intermedias, producían manantiales de corto gasto e importancia secundaria.
3. Las que circulaban por los rellenos en los flancos montañosos y originaban manantiales, por lo general de rendimiento reducido.
4. Las que circulaban en los rellenos del fondo de la cuenca, producían aguas freáticas, ascendentes y artesianas.

Se examinaron 23 manantiales con una variación sobre el nivel del mar entre los 2640 y 2940 msnm, los mas importantes por su rendimiento acuífero fueron los de Jalatlaco, Tlalpa, Hacienda Vieja, La Cuadrilla y El Alférez (este último se secó con la perforación del túnel Atarasquillo- Dos Ríos, pero en 1944 todavía proporcionaba un gasto de 107 litros por segundo).

En las proximidades y en el fondo de la cuenca se examinaron 37 manantiales, con alturas entre los 2600 y 2630 msnm, los más importantes para el Proyecto del Lerma fueron Izcahuyoapita, Izcahuyoapa, Pretunta, Texcoapa, Tecalco, Texcaltenco, Amomolulco, Alta Empresa Y San Miguel Ameyalco.

El gasto total aforado para los manantiales Izcahuyoapita, Izcahuyoapa, Pretunta, Texcoapa, Tecalco entre 1923 y 1926 fueron de 3,652 litros por segundo (Ing. Renato Zamacona). Posteriormente, el Ing. Villarello hizo un aforo de 4,148 litros por segundo. Entre 1947 y 1949, los aforos dieron un gasto de 1,410 litros por segundo. Este último dato manifiesta la importante caída de los aforos de gasto de agua en estos manantiales, producto de la insuficiente caída de

agua de lluvia en la década de los cuarenta, una sequía prolongada, cuyo origen se pensaba, fue ocasionado por los procesos de desforestación⁴⁰.

Los manantiales de Texcaltenco, Amomolulco, Alta Empresa y San Miguel Ameyalco, medidos por el Ing. Zamacona y el Ing. Villarello, dieron un total de 5,291 litros por segundo. Las medidas efectuadas en 1949 arrojaron un total de 816 litros por segundo, encontrándose los manantiales de Texcaltenco prácticamente agotados.

En cuanto a la regularidad de los manantiales, con los datos obtenidos del informe de 1944⁴¹, se determinó que existía una regularidad en la precipitación pluvial que no había presentado cambios notables en los 25 años anteriores y por lo tanto era de esperarse una regularidad del gasto de los manantiales si se reforestaba la zona.

Se realizaron estudios sobre las aguas subterráneas a través de pozos, algunos de los cuales no alcanzaron la profundidad requerida, se realizaron visitas a cincuenta y cinco de ellos, con profundidades de 2.65 a 33.00 metros, con profundidades de agua de 0.50 a 15.00 metros y con temperaturas de 11 a 18 grados. Se determinó que era posible aumentar el gasto de muchos pozos recurriendo al bombeo, porque se crearía la carga hidrostática, aumentando a medida que el nivel del agua descienda en las perforaciones.

En cuanto a la potabilidad de las aguas, en 1949 se recomienda realizar un muestreo nuevo para determinar la potabilidad y calidad de las aguas que se incorporarían al proyecto, haciendo hincapié en la necesidad de tomar las medidas necesarias para evitar la contaminación del terreno y llevar adelante la recuperación de las zonas boscosas. Se menciona como uno de los problemas la Laguna de Almaya, que suministra alimentación a los manantiales interiores y que se encontraba contaminada con los usos domésticos de los habitantes del pueblo de San Miguel Almaya, las aguas de esta laguna filtraban a través de capas basálticas hacia los manantiales interiores, pero se consideraba que estos usos requerían acciones de compensación para evitar contaminaciones.

La Dirección de Obras estableció en 1950 un laboratorio que empezó a realizar los análisis del agua de los manantiales, en diferentes puntos del acueducto, a fin de determinar su potabilidad,

⁴⁰ Como en otros casos, el origen de la sequía es multifactorial, siendo muy importante en esta ecuación la pérdida de cobertura verde, y muestra la importancia que le daban los ingenieros participantes a la desforestación que sufría la cuenca del Lerma.

⁴¹ Se solicitó realizar nuevas mediciones, ya que los datos presentaron una variación importante, probablemente por la sequía que sufrió la zona ese año y a la tala de bosques (Las Obras del Lerma, 1949, 20)

Se realizaron análisis físico-químicos y bacteriológicos. Se tomaron las muestras en los pozos 3,3ª y 4 de la captación de agua de Alta Empresa, Pozo Santa Úrsula, Pozo Almoloya y Pozo Tlazala, manantial Alta Empresa, cárcamos 1 y 2; manantiales de Ameyalco y desfogue de Peña del Venado.

Los análisis consistieron en determinación del color, temperatura, olor, grado de turbidez, sabor, metales y sales disueltos, alcalinidad, dureza, oxígeno, compuestos nitrogenados y concentraciones de hidrógeno, quedó demostrado en estos análisis, la pureza extraordinaria de esta agua.

Los análisis bacteriológicos se iniciaron en el tramo entre el cárcamo N°1 y el vertedero N° 3 (Ameyalco). También en el tramo de Almoloya al cárcamo N°1. Se tomaron muestras en todas las chimeneas comprendidas en esos dos tramos. El análisis verificó la presencia de bacterias desarrolladas en ciertas condiciones ambientales estándar, y la presencia de Escherichia. (D.D.F., 1951: s/p).

Los análisis bacteriológicos demostraron que el agua era pura en el origen, pero que había contaminación en las zonas del trayecto, para esto se pensó en realizar una limpieza completa de los tubos del acueducto antes de iniciar el transporte de agua a la ciudad de México, dejar previstos análisis continuos en la línea de conducción para verificar continuamente el estado de las aguas y potabilizar con cloro los aguas a su llegada a la ciudad de México.

Recursos hídricos disponibles

Se determinaron varios tipos de recursos acuíferos que pudieran ser aprovechables, desechándose aquellos manantiales que ofrecían poco gasto:

Afloramientos acuíferos: podrían utilizarse los manantiales de Izcahuyoapita, Izcahuyoapa, Pretuna, Texcoapa y Teacalco, producidos por afloramientos entre rocas basálticas con temperaturas entre 13.5 y 16.5 grados, consideradas adecuadas para el servicio de agua los gastos medidos en el año de 1944 dieron 12, 238, 64, 537 y 559 lts/seg respectivamente. Para la captación de estos acueductos era necesario construir un colector auxiliar, porque el acueducto general quedaba arriba del nivel de los manantiales, de tal forma que solo era necesario proveer una estación de bombeo entre Tecalco y Tepozoco, la construcción de este colector debía tomarse el nivel del manantial más bajo y procurar desarrollarlo en línea recta, pero en terreno firme y fuera de las aguas de la laguna.

RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO EFECTUADO EN UNA
MUESTRA DE AGUA DEL POZO No. 3, CAPTACION
ALTA EMPRESA

Nitrógeno Amoniacal	0.06	mg. por litro	
Nitrógeno Protéico	0.06	" "	
Nitrógeno de Nitritos	0.00	" "	
Nitrógeno de Nitratos	0.016	" "	
Sólidos Totales	190.000	" "	
Cloruros (en Cl)	11.000	" "	
Oxígeno consumido en medio ácido	0.400	" "	
Alcalinidad (en CaCO ₃)	75.000	" "	
Dureza (en CaCO ₃)	22.000	" "	
pH	6.8	Temperatura del agua	15°C

Por los resultados obtenidos el agua es químicamente POTABLE.

México, D. F., marzo 20 de 1951.

RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO EFECTUADO EN UNA
MUESTRA DE AGUA DEL POZO No. 4, CAPTACION
ALTA EMPRESA

Nitrógeno Amoniacal	0.010	mg. por litro	
Nitrógeno Protéico	0.020	" "	
Nitrógeno de Nitritos	0.00	" "	
Nitrógeno de Nitratos	0.024	" "	
Sólidos Totales	146.000	" "	
Cloruros (en Cl)	12.000	" "	
Oxígeno consumido en medio ácido	0.300	" "	
Alcalinidad (en CaCO ₃)	69.000	" "	
Dureza (en CaCO ₃)	20.000	" "	
pH	6.8	Temperatura del agua	15.5°C

Por los resultados obtenidos el agua es químicamente POTABLE.

México, D. F., marzo 20 de 1951.

RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO EFECTUADO EN UNA
MUESTRA DE AGUA TOMADA DEL MANANTIAL DE
ALTA EMPRESA EL 8 DE MAYO DE 1951

Nitrógeno Amoniacal	0.04	mg. por litro	
Nitrógeno Protéico	0.07	" "	
Nitrógeno de Nitritos	0.00	" "	
Nitrógeno de Nitratos	2.5	" "	
Sólidos Totales	144.0	" "	
Cloruros (en Cl)	6.7	" "	
Oxígeno consumido en medio ácido	0.6	" "	
Alcalinidad (en CaCO ₃)	66.7	" "	
Dureza (en CaCO ₃)	21.1	" "	
pH	6.7	Temperatura del agua	16°C

Por los resultados obtenidos el agua es químicamente POTABLE.

México, D. F., 15 de mayo de 1951.

RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO EFECTUADO EN UNA
MUESTRA DE AGUA DEL MANANTIAL DE AMEYALCO

Nitrógeno Amoniacal	0.003	mg. por litro	
Nitrógeno de Nitratos	0.00	" "	
Nitrógeno de Nitritos	0.00	" "	
Alcalinidad (en CaCO ₃)	75.000	" "	
Cloruros (en Cl)	10.000	" "	
Oxígeno consumido en medio ácido	1.300	" "	
Sólidos Totales	142.000	" "	
Dureza (en CaCO ₃)	20.000	" "	
pH	6.7	Temperatura del agua	14.5°C

Por los resultados obtenidos el agua es químicamente POTABLE.

México, D. F. marzo 20 de 1951.

RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO EFECTUADO EN UNA
MUESTRA DE AGUA DEL POZO DE ALMOLOYA

Nitrógeno Amoniacal	0.016	mg. por litro	
Nitrógeno de Nitratos	0.024	" "	
Nitrógeno de Nitritos	0.00	" "	
Alcalinidad (en CaCO ₃)	75.000	" "	
Cloruros (en Cl)	9.000	" "	
Oxígeno consumido en medio ácido	1.710	" "	
Sólidos Totales	157.000	" "	
Dureza (en CaCO ₃)	19.600	" "	
pH	6.8	Temperatura del agua	17°C

Por los resultados obtenidos el agua es químicamente POTABLE.

México, D. F., marzo 20 de 1951.

RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO EFECTUADO EN UNA
MUESTRA DE AGUA TOMADA DEL DESFOGUE DE
PEÑA DEL VENADO EL 8 DE MAYO DE 1951

Nitrógeno Amoniacal	0.03	mg. por litro	
Nitrógeno Protéico	0.08	" "	
Nitrógeno de Nitritos	0.00	" "	
Nitrógeno de Nitratos	0.00	" "	
Sólidos Totales	126.0	" "	
Cloruros (en Cl)	3.84	" "	
Oxígeno consumido en medio ácido	0.3	" "	
Alcalinidad (en CaCO ₃)	90.0	" "	
Dureza (en CaCO ₃)	23.12	" "	
pH	6.9	Temperatura del agua	15°C

Por los resultados obtenidos el agua es químicamente POTABLE.

México, D. F., mayo 15 de 1951.

Tabla 24. Resultado de los análisis de cada uno de los manantiales y desfuegos. Fuente: Obras de provisión de aguas potables, 1951.

Los manantiales de Texcaltenco y otros, como la Virtud, Chimaliapa y Pedregal de Guadalupe, producidos por las aguas que circulaban entre los basaltos y detenidas por las tobas intermedias, dieron un gasto en 1926 de 841 lts/seg en el manantial de Texcaltenco y 17 lts/seg el de Chimaliapa, mediciones realizadas por el ingeniero Zamacona, en 1948-49 dieron 331 y 12 lts/seg respectivamente, la disminución importante en el gasto de Texcaltenco se debía a que las aguas que abastecían el manantial, habían sido cortadas por la obra del acueducto, quedando el gasto de 331 lts/seg el gasto para las afluencias del acueducto.

Los manantiales de Amomolalco, Alta Empresa y San Miguel Ameyalco localizados en el fondo de la cuenca (Ameyalco se encontraba a + 15.00 metros), tenían una temperatura entre 15.5 y 16.5 grados, los aforos obtenidos en 1926 por el ingeniero Zamacona dieron 397 lts/seg para el primero, 3,760 para el segundo y en la medición de 1944 se obtuvieron 345 litros por segundo, en la medición realizada en 1948-1949 fueron de 31, 366 y 76 lts/seg.

Las aguas del manantial de Ameyalco podían dirigirse por gravedad al acueducto principal, las aguas de los otros dos manantiales debían tener colectores secundarios y ser bombeadas al tubo general.

Aguas Ascendentes: Las aguas ascendentes, localizadas a uno y otro lado del río Lerma, por los manantiales Tepozoco, Chapultepec, El Cerrillo, Cupujapa y otros y por las perforaciones de Nicolás Peralta también podían servir como recurso para la ampliación de la dotación del acueducto. Para esto era necesario realizar perforaciones en zonas más bajas, entre Presunta y Tepozoco y desde Amomolulco hasta San Nicolás Peralta.

Otros recursos: en este punto se tomó en cuenta el caudal que arrojaría el propio túnel de Atarasquillo-Dos Ríos, por filtración, calculado en 1,240 lts/seg, en caso necesario, se consideró que podrían aprovecharse los excedentes de los manantiales de Jalatlaco y Tilapa, todo el caudal del de San Juan Jalatlaco, el río Salazar, y las aguas de las lagunas de Zempoala, para lo cual se tendría que construir un túnel para atravesar las sierrita de Ocoyotongo.

Se consideró posible recurrir a los manantiales entre Tlazala y Pedregal de Guadalupe, con la construcción de galerías semi-perpendiculares al cauce subterráneo de los veneros superficiales, para posteriormente reunirlos a través de una galería que cortara también los veneros intermedios. También se juzgaron aprovechables los manantiales de la zona de San Lorenzo, al pie de cerro del mismo nombre y del río Jalatlaco, en la parte baja de su curso.

Es importante resaltar en los propios escritos de 1949, cómo la disminución del gasto medido de los manantiales y ríos estaba llevando a analizar la incorporación de nuevas fuentes al proyecto, por un lado se constata la deforestación cada vez más acelerada de la zona, pero también los cambios hidrológicos que las propias obras del acueducto estaban generando.

Finalmente, de los diferentes estudios realizados se concluyó que:

1. En la parte alta del Lerma el caudal de circulación subterránea aceptado fue de 8,595 lts/seg
2. Para el resto de los manantiales mencionados la medición de 1937 arrojó un total de 3,658 lts/seg, pero se tomó como cifra probable 2,786 lts/seg, por lo que había un faltante de 3,286 lts/seg para llegar a los 6,000 lts/seg proyectados para la ciudad, de estos se consideró que el túnel de Atarasquillo proporcionaría 1,240 lts/seg, por lo que quedaba un gasto de 2,046 lts/seg a cubrir. (posteriormente se consideraron 540 lts/seg para el gasto del túnel, ya que es un caudal que tendía a disminuir)
3. Para este gasto se tomaron algunos de los manantiales mencionados en el inciso de recursos hídricos disponibles, como los de Tlazala y Pedregal de Guadalupe, las aguas brotantes y perforaciones, más los englobados en otros recursos.
4. Era segura la influencia de las aguas de la Laguna de Almayalco en las aportaciones frente a Texcaltenco, por lo que se impuso sanear la laguna y sus alrededores.
5. Se juzgó posible hacer aflorar agua a través de pozos en el fondo de la cuenca, desde Amomolulco hasta San Nicolás Peralta.
6. Para sostener el caudal y beneficiar la regularidad y constancia del régimen de los manantiales se consideró urgente emprender la reforestación del área.

A partir de 1942, se empezaron a construir las obras del Sistema Lerma, y fueron terminadas en su primera etapa en 1951. El Sistema Lerma se encuentra dividido en tres grandes secciones, el acueducto superior, situado en el valle de Toluca, con una longitud de 22 kilómetros; el túnel Atarasquillo- Dos Ríos que atraviesa la Sierra de Las Cruces, comunicando los valles de Toluca y México, de 14 kilómetros de largo; y el acueducto inferior, que conecta la salida del túnel en Dos Ríos con Chapultepec y tiene una longitud total de 21 km (DDF, 1970: 7).

El aprovechamiento de las aguas de las Lagunas del Alto Lerma presentaba las siguientes ventajas:

- a. Se constituyeron en la fuente más cercana a la ciudad de México
- b. Se podían obtener hasta 6 metros cúbicos por segundo (692,200 metros cúbicos diarios), lo que cubriría el déficit que se manejaba en ese momento para una población de 3,000,000 de habitantes.
- c. La altitud del Valle de Toluca permitía la conducción por gravedad del último tramo a la ciudad de México y el aprovechamiento de las caídas para la producción de electricidad⁴².
- d. Se consideraba que el ahorro en electricidad por la suspensión del funcionamiento de las bombas de la Condesa de \$500,000.00 anuales. (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 21).
- e. Las aguas de las Lagunas en este momento eran potables, por lo que no requerían de ningún tratamiento de filtración.
- f. Se consideró que la desviación de las aguas hacia el Valle de México, liberaría grandes extensiones de terreno (con el desecamiento de una parte importante de la superficie pantanosa de las lagunas) susceptible de utilizarse en agricultura⁴³.
- g. Aumento del caudal de aguas negras a la salida de la ciudad de México, que sería utilizado en el riego de terrenos del Sistema de Riego Nº 3, en el Estado de México o en la bonificación de terrenos del Lago de Texcoco. (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 22).

⁴² “Generación de 16,00 H.P. en el recorrido de las aguas conducidas al valle de México, energía que mejorará las condiciones de abastecimiento de fluido eléctrico de la Ciudad de México y contornos. Obtención de 11,490 KW que vendidos a \$0.05 se obtiene un valor de \$5,032,620.00.” (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 22).

⁴³ “Desecación de 11,000 hectáreas de la Laguna del Lerma, ya que el proyecto incluye también el dragado u encauzamiento del río Lerma para tener así magníficas tierras de labor, cuyo costo no podrá ser menor de \$1,500.00 por hectárea, obteniéndose una ganancia de \$16,500,000.00.” (D.D.F., Memorias 1940-1946, CAP.VIII-Nº 22).

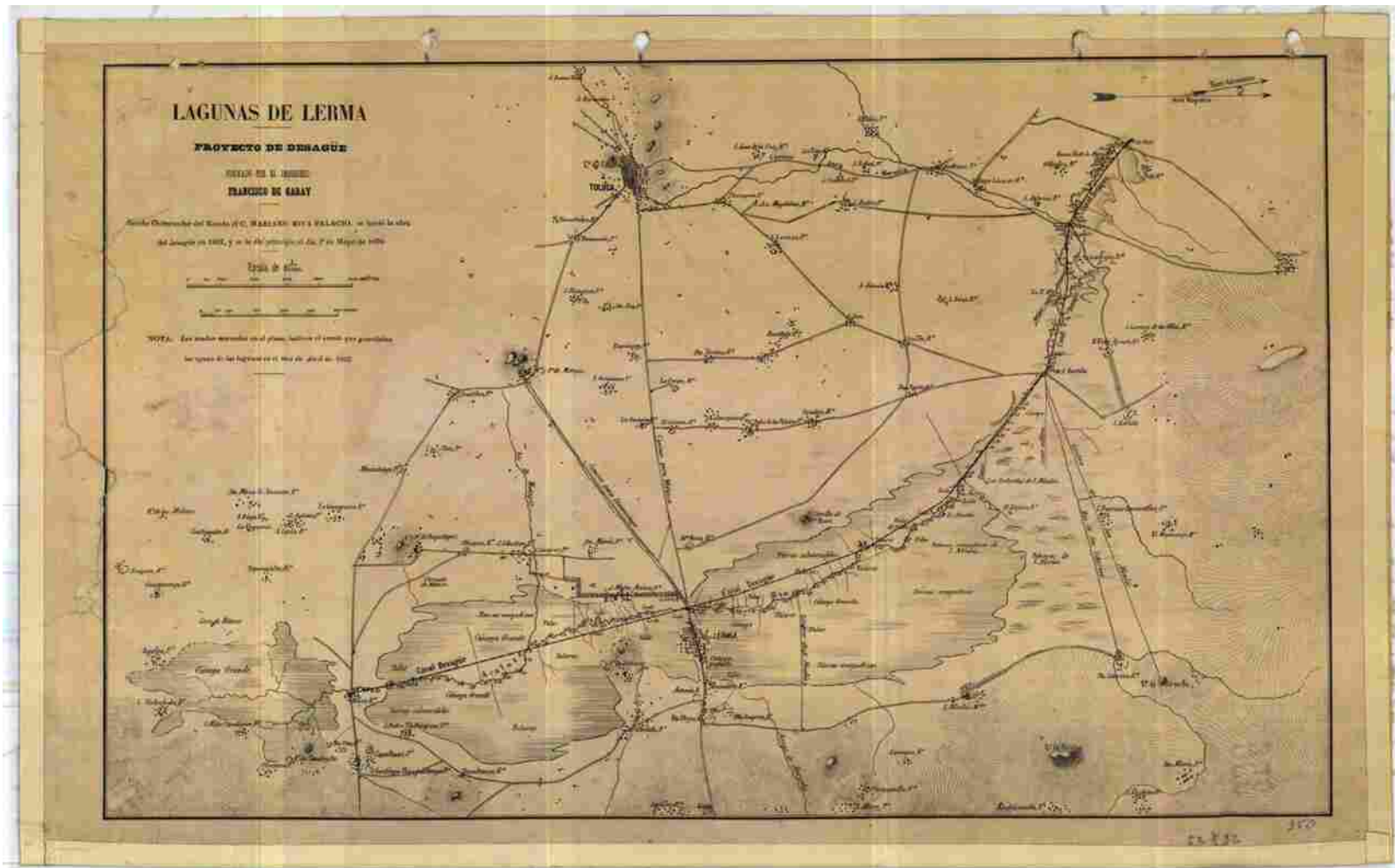


Figura 103. Lagunas del Lerma. Proyecto de Desagüe. Realizado por Francisco de Garay. Siendo Gobernador del Estado el C. Mariano Riva Palacio se inició la obra del desagüe en 1857 y se le dió principio el día 1º de Mayo de 1870. Mapoteca Orozco y Berra, Colección General, Estado de México, 1870, 350-25

Es importante remarcar como en el siglo XIX, existieron una gran cantidad de proyectos de canales para la navegación⁴⁴, para la generación de energía hidroeléctrica y para la desecación de lagunas y pantanos, que permitían dedicar esas hectáreas de terreno a la agricultura, "... desecación, desagüe y canalización de los ríos y lagunas reflejan las políticas de los liberales decimonónicos, quienes estaban preocupados por el desarrollo económico que le urgía al país. Por un lado, buscaban medios de comunicación para mejorar el intercambio comercial entre los pueblos: la canalización de los ríos era entonces su objetivo para agilizar la actividad comercial. Además, se pretendía el desarrollo agrícola: las obras de desagüe y desecación de aguas estancadas estaban destinadas a eliminar el obstáculo que estas representaban para el progreso de esa actividad." (Camacho Pichardo, 2007, pp.75-76)

El proyecto estatal para desecar las lagunas del Alto Lerma en el siglo XIX, pretendía la división de las nuevas tierras de uso agrícola obtenidas, ya que el proyecto del liberalismo estaba en contra de las grandes concentraciones y monopolios civiles (comunales) y eclesiásticos, para consolidar un sistema de pequeños y medianos propietarios rurales, con la idea de detonar el crecimiento económico basado en la agricultura.

De los estudios realizados por Camacho Pichardo, se desprende que la propuesta de subdivisión pretendía incorporar como pequeños y medianos propietarios a los pueblos indígenas que ocupaban los terrenos cenagosos y aunque en un principio, estos estuvieron de acuerdo, muchos de ellos se opusieron finalmente a las obras por considerar que económicamente era más beneficioso para ellos la explotación de la laguna (explotación de la pesca, recolección del tule, cacería de aves) que la explotación agrícola de las tierras. (Camacho Pichardo, 2007, pp.75-76)

Posteriormente, fue presentado un proyecto por parte del Sr. L. Zaldívar para desecar la Laguna y dedicarla a la explotación agrícola y para aprovechar el agua en la generación de energía eléctrica. Más tarde, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas realizó diferentes estudios para la desecación de la Laguna y la regularización de sus aguas. Los datos de estos proyectos fueron tomados de Obras del Lerma, 1949 y de las memorias del Departamento del Distrito Federal, 1932-33, 1934, 1935, 1936 y 1938.

⁴⁴ Canal Nacional, Canal de Chalco, entre otros.

Hacia 1930, los Ingenieros Villarelo y Orozco solicitaron de la Secretaría de Agricultura una concesión para el aprovechamiento de las aguas del Lerma, para el abastecimiento de la Ciudad de México y para la generación de energía. Esta propuesta fue sometida al estudio de la Directiva de la Provisión de Agua para la Ciudad de México, que era dirigida por el Ing. Octavio Dubois, quién participó en el estudio y construcción del Acueducto de Xochimilco.

Se concluyó que la propuesta era una idea, que le faltaba desarrollo para ser considerada un proyecto, y se solicitó que se iniciaran los trabajos para presentar un buen proyecto, pero éstos quedaron inconclusos, para este caso, seguía rigiendo el acuerdo del Presidente Plutarco Elías Calles, que vetaba las concesiones de estos manantiales a particulares .

En 1936, ante una nueva gestión de Villarelo y Orozco, se les propuso realizar un proyecto más completo. En 1937, se comisionó al Ing. Guillermo Terrés, que había realizado con anterioridad algunos estudios sobre la Laguna del Lerma por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. Durante ese año se desarrollaron los estudios necesarios para la presentación de un anteproyecto, que difería del presentado por los Ing. Villarelo y Orozco, tanto en el caudal de aguas factible de captar como en la localización y trayecto de las conducciones.

Ante esto, en 1938 se procedió a analizar los dos proyectos para ver cual era el más factible, los ingenieros Fortunato Doral y José Moreno Valdivia realizaron el estudio comparativo, presentando conclusiones y recomendaciones.

El proyecto de Villarelo y Orozco tenía los siguientes componentes:

1. Estudio geológico de la Sierra de las Cruces y de la región cercana a la Laguna de Lerma
2. Estudio Hidrológico de la Laguna
3. Proyecto de acueducto superior en el Valle de Toluca
4. Túnel de las Cruces
5. Acueducto inferior en el Valle de México

Del estudio comparativo se desprendió que las conclusiones sobre caudal de agua presentadas por los ingenieros Villarelo y Orozco eran erradas, ya que los cálculos de evaporación no

estaban contemplados, el proyecto recomendaba la construcción de una parte del acueducto a través de la Laguna del Lerma, con una profundidad variable de dos a cinco metros bajo las altas aguas, por lo que la construcción se volvía muy costosa y se corría el riesgo de generar contaminación de las aguas.

Además, se tenía ya la experiencia del acueducto de Xochimilco en el tramo de conducción a México, el cual fue necesario recimentar por la inestabilidad del terreno, lo que llevaba a la conclusión de que era más seguro trazar el acueducto fuera de la laguna, con mayor razón cuando se debía utilizar algún tipo de bombeo.

El proyecto del Ing. Guillermo Terrés contemplaba:

1. Captar las aguas de los manantiales de Almoloya, Texcaltenco y Alta Empresa.
2. El acueducto superior en el Valle de Toluca localizado un metro más arriba que las aguas altas de la laguna, para lo cual era necesario bombearlas.
3. El túnel que atravesaba la Sierra de las Cruces, propuesto entre la Barranca de Alférez y la Cañada de Dos Ríos
4. El Acueducto inferior, localizado en la Cañada del Río Hondo y con tres caídas para el aprovechamiento hidroeléctrico que generaban dieciséis mil caballos de fuerza.

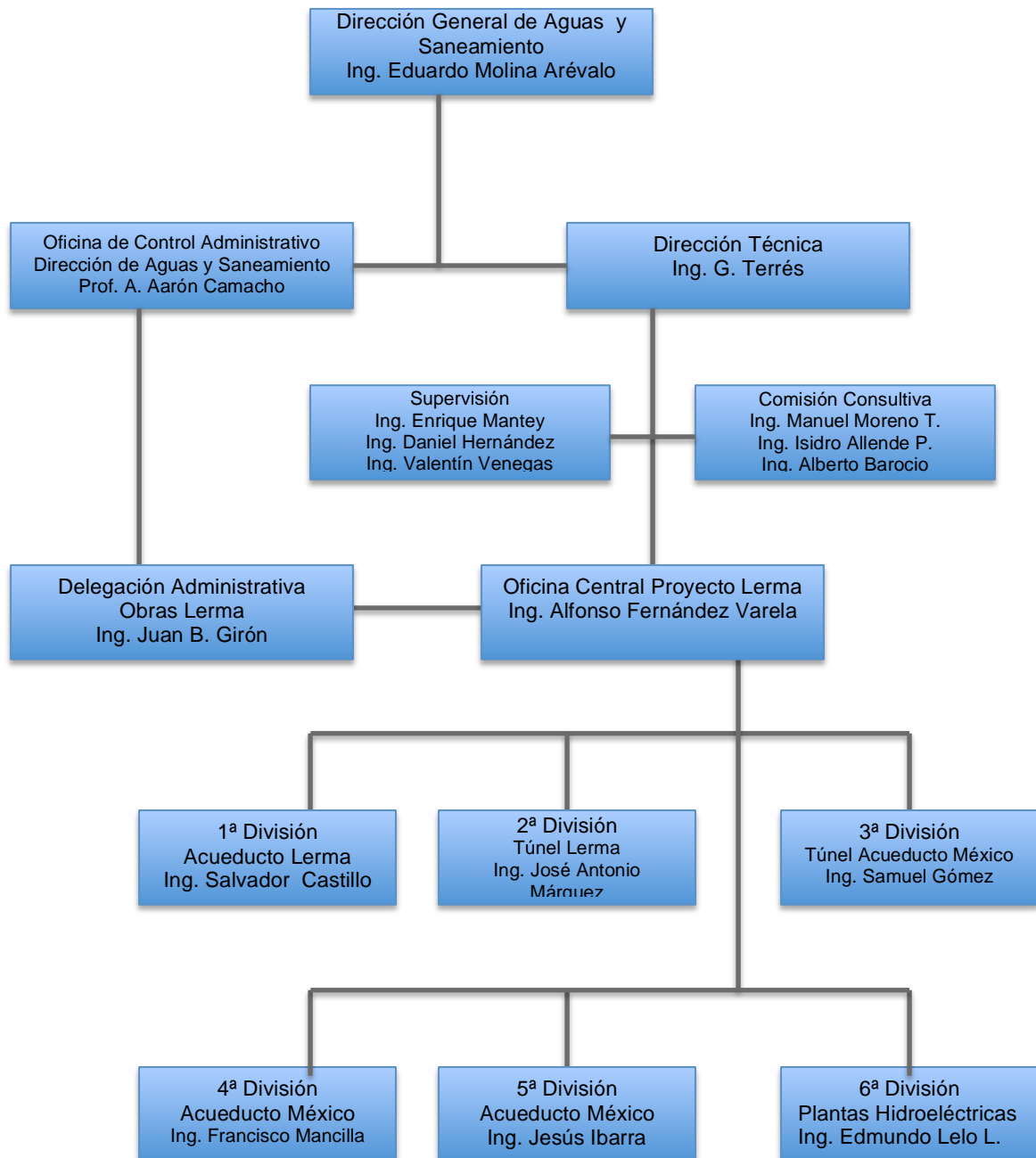
El proyecto se consideró más completo y factible, ya que el acueducto superior corría sobre tierra firme y se evitaba la contaminación, aunque requería de un bombeo de baja altura. El túnel propuesto, era ligeramente inferior en longitud (dos km) al del otro proyecto y el estudio geológico determinaba que atravesaría también roca andesita maciza con pequeñas filtraciones. La localización del túnel se propuso por razones económicas, ya que los trabajos de construcción serían menos difíciles y por lo tanto menos costosos.

Para el acueducto inferior se propusieron tres plantas generadoras de energía, contra una del proyecto de Villarello y Orozco. Finalmente se decidió que se utilizaría como base el proyecto de Terrés, con algunas modificaciones, ya que se solicitó que las obras se adecuaran a un caudal de 10,000 metros cúbicos por segundo, por lo que el túnel debería estar proyectado para esta capacidad y se solicitó que el proyecto se pudiera construir en etapas.

Para el desarrollo y construcción el proyecto se puso al frente a la Dirección General de Aguas y Saneamiento, dirigida por el Ing. Eduardo Molina Arévalo y se generó una estructura especial

para el seguimiento del proyecto que fue dividido en seis etapas, algunas de construcción simultánea:

Diagrama de subdivisión del D.D.F. para las obras del Lerma

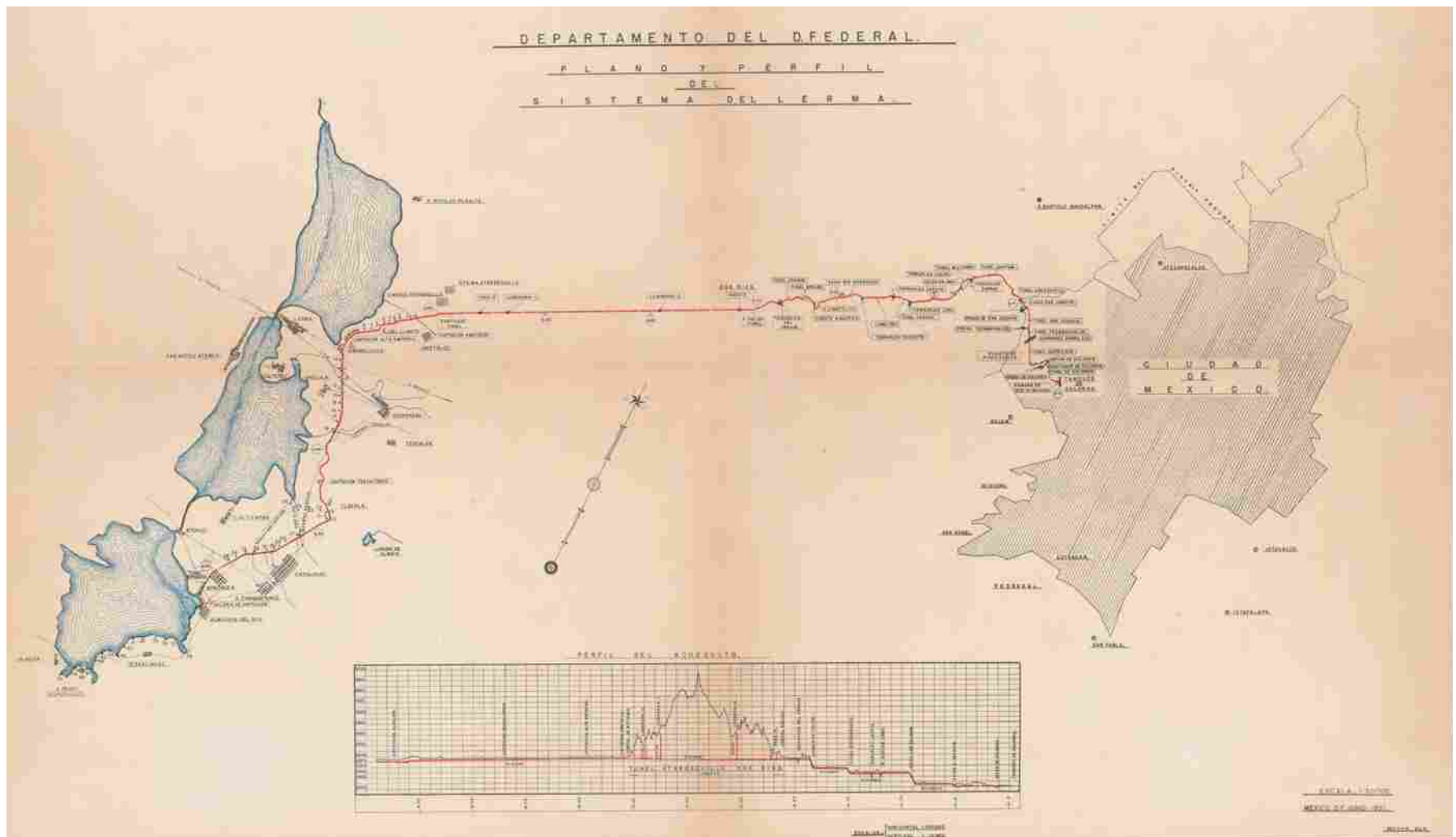


Fuente: Memorias D.D.F., 1941-1946, CAP. VIII-Nº 13



Figura 104. Casa de Bombas, tuberías y válvulas del Sistema Lerma en el Alto Lerma, en D.D.F., *D.D.F. de Agua Potable para la Ciudad de México. Sistema Lerma, 1951.*

El proyecto general, como ya se expresó anteriormente, consistió en la captación de 6,000 m³/seg de las aguas del lado oriental de la Laguna del Lerma y su conducción a través de la sierra de las Cruces -mediante un túnel de 14 kilómetros de longitud-, hasta llegar a la zona de los Tanques de Dolores en Chapultepec. Ahí se construyó una planta potabilizadora y después, a través del Cárcamo, se conectó el Sistema Lerma a los Depósitos Distribuidores del acueducto de Xochimilco que se utilizaron para llevar el agua por gravedad a la red de distribución de la ciudad, a través de la Cámara de las Válvulas. Se realizó así la integración entre los sistemas Lerma y Xochimilco.



Plano y Perfil del Sistema del Lerma, en *D.D.F. de Agua Potable*, 1951, DDF

Las obras de Captación

Los manantiales propuestos para la captación de agua fueron Almoloya, Texcaltenco, Alta Empresa y Ameyalco, además de la captación de aguas subterráneas a través de pozos a lo largo del margen oriental de la Laguna del Lerma.

Para captar las aguas superficiales se harían galerías subterráneas que interceptaran las agua subterránea de los manantiales, estos canales se construirían de concreto armado con sección rectangular, colocados a una profundidad tal que permitieran recoger el agua para distribuirla a unos cárcamos donde se instalaran las bombas para elevar el agua al acueducto.

Para la captación de aguas subterráneas profundas se realizaron numerosos sondeos, que permitieron un conocimiento bastante completo del subsuelo de la región. Los sondeos identificaron mantos acuíferos independientes de los que afloraban en los manantiales, lo que permitiría llegar a un caudal de 6,000 litros por segundo.

Agua de manantiales:

Almoloya	2,200 lts/seg
Texcaltenco	300 lts/seg
Alta Empresa	600 lts/seg
Ameyalco	60 lts/seg
Suma	3,160 lts/seg
Aguas Subterráneas profundas por medio de pozos artesianos	2,300 lts/seg
Filtraciones del túnel	540 lts/seg
Total	6,000 lts/seg

Las obras se dividieron en cuatro partes: el acueducto superior del Valle de Toluca, el Túnel de las Cruces (entre Atarasquillo y Dos Ríos, el acueducto inferior en el Valle de México y cuatro caídas de agua para la generación de energía eléctrica. Para la conducción se diseñó una sección circular y en las estructuras de los conductos se emplearon mamposterías con mortero de cemento y concreto reforzado.



Figura 106. Detalle Captaciones. Plano y Perfil del Sistema del Lerma, en *D.D.F. de Agua Potable*, 1951, DDF

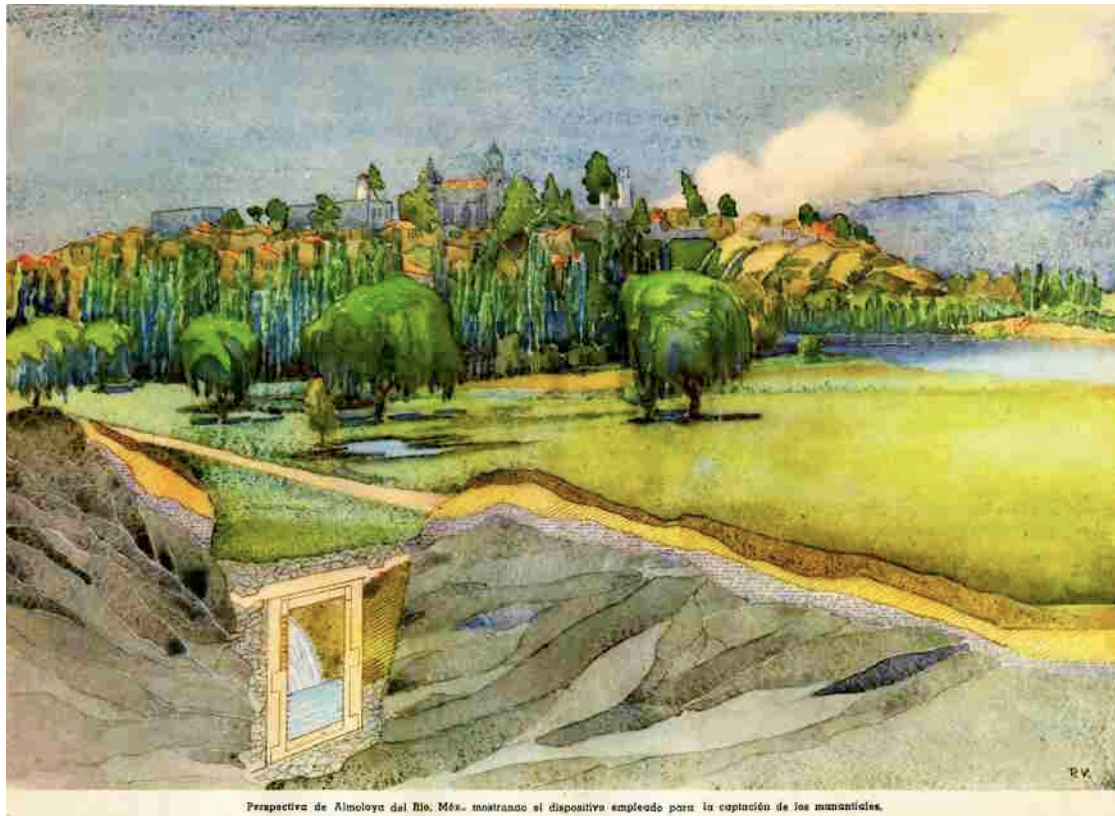


Figura 107. Acueducto del Sistema Lerma, en *D.D.F. de Agua Potable*, 1951, DDF

El acueducto del Valle de Toluca es un acueducto con sección creciente, que recibe las capitaciones durante su trayecto, quedó localizado un metro arriba de las aguas de la laguna. En el terreno firme se construyó una mamposterías de piedra brasa con mortero de cemento con adición de tierra diatomácea y recubrimiento interior de ladrillo prensado. En la parte inestable del terreno el acueducto se apoyó sobre pilotes de madera y tubos de concreto armado. Los diámetros del acueducto van de los 2.60 m. hasta los 3.26 m. y tiene una longitud de 22 kilómetros. Su origen está en Almoloya y termina al pie de las estribaciones de la Sierra de las Cruces, en la Cañada del Atarasquillo.

El túnel Atarasquillo- Dos Ríos comunica el Valle de Toluca y el Valle de México, atravesando la Sierra de las Cruces. Fue considerado una de las cumbres de la ingeniería mexicana ya que deriva las aguas de la Vertiente del Pacífico hacia el Golfo de México (a través del desagüe de la Ciudad de México). Tiene una longitud de 14,334 m., en línea recta y posee una sección circular , está revestido de concreto y tiene una pendiente de 0.00067. El túnel, que comunica los dos valles, puede conducir un gasto de hasta 14 metros cúbicos por segundo, fue construido

así en preparación de la construcción de las obras previstas en etapas posteriores para alimentar a la Ciudad de México. La perforación del túnel se llevó a cabo con dos equipos topográficos de precisión, a partir de cada uno de los portales hacia el centro del túnel, utilizando un sistema de "sección completa", esto quiere decir que se perforó siempre la sección total del túnel. En su construcción se emplearon sistemas de ventilación de tipo reversible, siendo necesario instalar equipos intermedios en el túnel a partir de la entrada de Dos Ríos.

El traslado de personal y materiales se realizó a través de trenes que corrían en rieles paralelos a la línea del acueducto. Para el bombeo de las aguas de las filtraciones se hizo concentrar los caudales por medio de drenes de gravedad en grandes estaciones de bombeo, situadas de forma escalonada a no más de tres kilómetros, de cada una de ellas, instaladas cerca de los portales, se llevó el agua a presión por tres tuberías, una de estas tuberías quedó ahogada en concreto en el fondo del túnel y tiene como función servir como desagüe.

El portal de entrada del túnel está en la Cañada de Atarasquillo y el de salida en la Cañada de del Río Dos Ríos, que es afluente del Río Hondo.

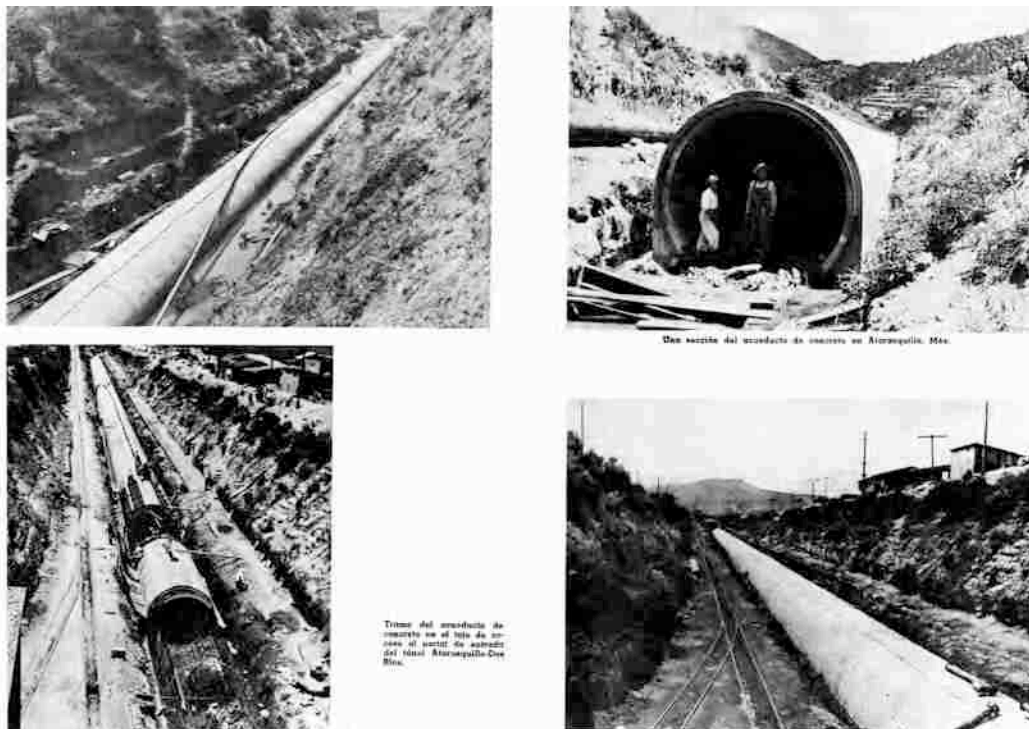


Figura 108. Tramo del acueducto de concreto en el acceso al Túnel de Atarasquillo en *D.D.F. de Agua Potable*, 1951, DDF

A fines de 1941, varios trabajos estimaron que la cantidad de agua que podría afluir de manera permanente por este túnel estaría entre los 479 y los 770 litros por segundo, considerando para los cálculos 14.5 kilómetros y 2 km de ancho (1 km a cada lado del eje de este túnel, como zona de influencia), sin embargo, parece que la zona de influencia del túnel es mayor, ya que con las perforaciones se secó el manantial de “Nace el Agua”, situado a más de dos kilómetros del eje del túnel. El gasto actual del túnel era en 1949 de 1,240 litros por segundo, en este momento se pensaba que este gasto tendería a disminuir, por las condiciones meteorológicas y la deforestación, por lo que se tomó como gasto permanente sostenible por algunos años entre 600 y 700 litros por segundo. (Molina, Las Obras del Lerma: 1949: 12)

El acueducto inferior del Valle de México principia en la salida del Túnel y termina en los Tanques de Dolores. Se encuentra localizado en el margen derecho de la Cañada de los Ríos “Dos Ríos” y “Río Hondo”. Tiene una cañería que se dirige al sur, entre la caída de las Palmas y el puente de Tecamachalco, que proporciona el servicio a las partes altas de Tacubaya, Mixcoac y San Ángel. La línea principal de conducción tiene una sección circular de 3.26 m., con una pendiente de 0.00012 y con una capacidad de conducción de 6000 litros por segundo. Está construido de mampostería con mortero de cemento y adicionado de tierra diatomácea, con revestimiento de ladrillos prensados y tiene una longitud de 21 km. En su trayecto tiene 13 tramos en túnel, con una longitud de 6 km, (uno de los tramos atraviesa las Lomas de Chapultepec).



Figura 109. Pórtico de entrada al túnel de Atarasquillo, en *D.D.F. de Agua Potable*, 1951, DDF

Los cruzamientos en las barrancas del Conejo, Zorras, Chilpo, Lobo, Zapote y Tejocote se hicieron por medio de terraplenes, sobre los cuales se colocaron tres líneas de tuberías de acero de 1.50 metros apoyadas en silletas de concreto y de fierro estructural, provistas de juntas de expansión.

En los cruzamientos de las barrancas de Tecamachalco, San Joaquín y Ajolotes se construyeron tres puentes con tres tuberías de acero de 1.50 metros apoyadas sobre losa de concreto, así como en el cruce de la Barranca de Barrilaco.

Los cruces de las barrancas de Dolores y Río Borracho tienen asimismo tubería de acero de 1.50 metros, revestida con concreto. Para el control de las aguas de este acueducto se construyeron vertederos con sus desfuegos y en toda su extensión el acueducto está provisto de ventilas y pozos de visita.

En el trayecto del acueducto inferior se realizaron cuatro caídas de agua, aprovechando el desnivel entre los valles de Toluca y México:

San Bartolito 5,200 HP

Río Borracho 3,100 HP

Las Palmas 6,800 HP

San Joaquín 1,800

Total 16.900 H.P.

El costo estimado del proyecto fue de \$180,000,000.00. El costo real fue de \$211, 687,737.57. Los estudios se iniciaron en 1938, se comenzó a construir en 1942 y se concluyó en 1951. (Molina, 1949: 14 y D.D.F., 1951:131). La proyección de población de la Ciudad de México se calculó en 3,000,000 de personas para el año 1955.

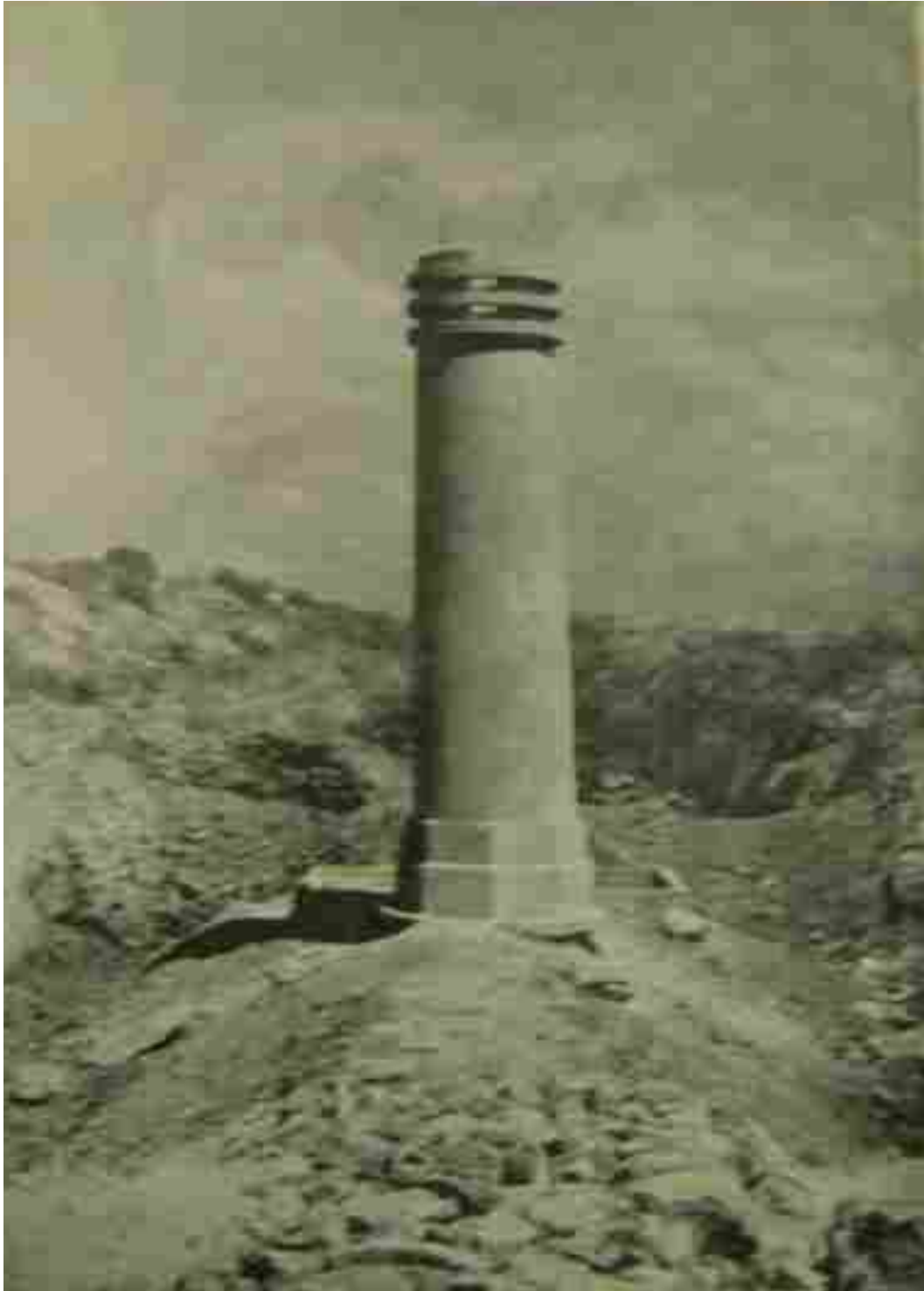
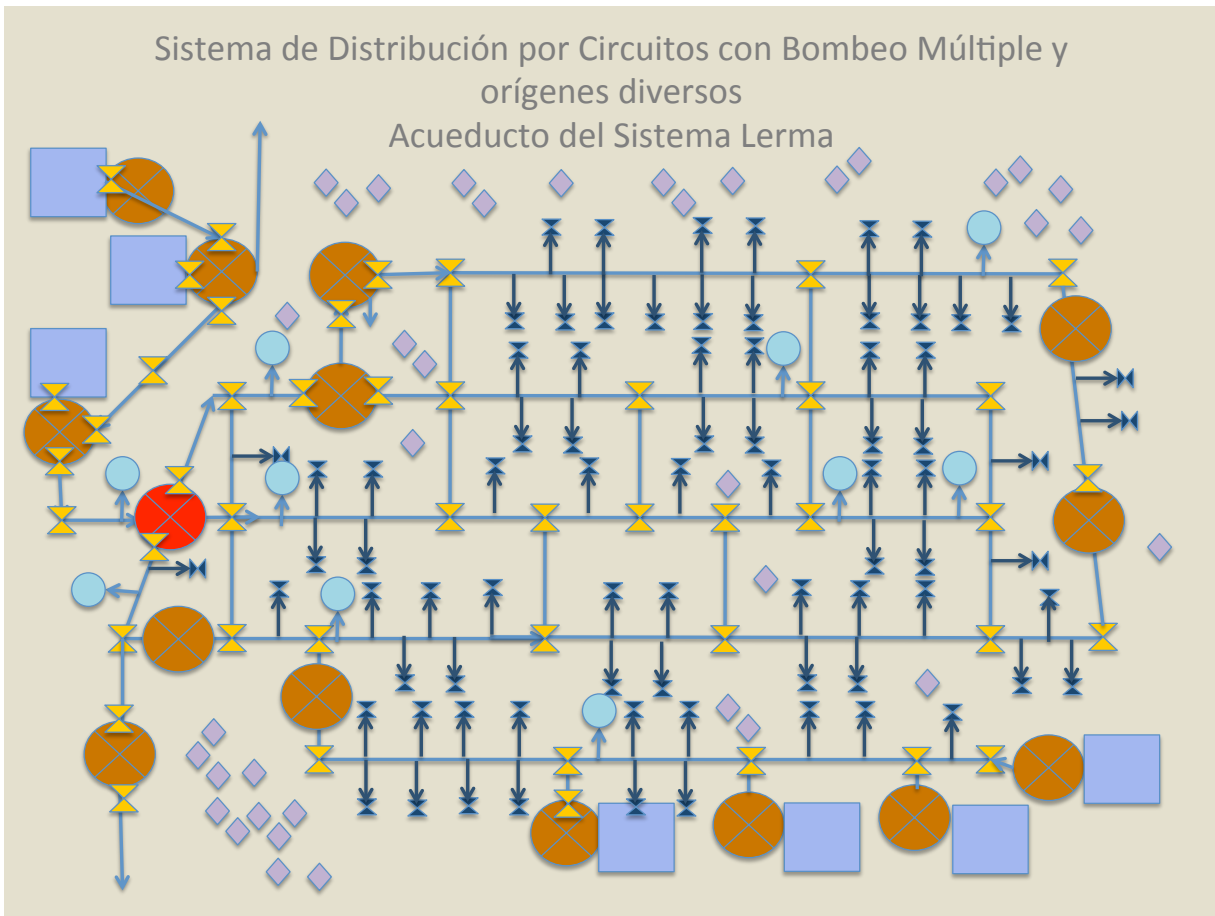


Figura 110. Chimenea de ventilación. Se construyeron cada kilómetro a lo largo del acueducto.
(Fuente: Obras del Lerma, 1949, 13)



- Manantiales múltiples orígenes
- Acueducto por caño cerrado y circuitos
- Bombas eléctricas
- Interfaz de sistemas de distribución de agua
- Pozos independientes al sistema
- Válvulas
- Caño de distribución a viviendas y edificios
- Llave (Sistema de cerrado)
- Fuente pública función de ornato

Figura 111. Esquema del Sistema Lerma. Circuitos, Múltiples sistemas integrados. Sistemas Independientes. Sistema por Ramales. Elaboración propia

Tabla 24. Sistema de Distribución por Circuitos y Ramales, sistema de gravedad, bombeo múltiple y orígenes diversos

- Múltiples orígenes
- Sistema de acueducto por gravedad
- Sistema de captación directa del agua de los manantiales
- Sistema de extracción subterránea del agua para garantizar su pureza
- Localización de casas de bombas para generar acumulación y presión del agua
- Sistema de conducción primaria con bombeo eléctrico (disminución de los requerimientos de bombeo)
- Sistema subterráneo de transporte de agua por pendientes en acueductos
- Sistema de trasminado de agua en túnel de acueducto (perforación en la montaña)
- Ampliación del *hinterland*
- Sistema de circuitos de distribución que permite la reparación por sectores y la ampliación en etapas del sistema
- Sistema de ramales, permite la ampliación y reparación cerrando el ramal, ampliación del sistema de distribución por etapas
- Integración entre dos sistemas (Acueducto de Xochimilco y Sistema Lerma)
- La distribución del agua a presión llega directamente al interior de las viviendas, se requieren tinacos en la parte superior para el funcionamiento de los WC.
- El agua sube directamente al tinaco sin necesidad de bombas hidráulicas individuales.
- Las fuentes públicas conservan sólo la función de ornato (Tláloc, Saltarinas, Compositores)
- Permite sobrepasar la cota de 2400 s.n.m. en el crecimiento urbano
- El sistema se planifica para la ciudad en su conjunto, no existe segregación urbana
- El sistema surte a la industria y genera el despegue del corredor industrial México-Lerma-Toluca.
- El sistema genera energía eléctrica
- El sistema intenta contener la extracción de agua del subsuelo en la ciudad de México y los hundimientos que crearon graves hundimientos y fracturas al sistema de drenaje
- A pesar de esto, subsisten pozos artesianos para provisión de agua en diversas zonas de la ciudad
- El sistema crea hundimientos y fracturas en la zona de los manantiales

Fuente: Elaboración propia

Existen multitud de huellas físicas del acueducto a lo largo del trayecto, las chimeneas de ventilación que como en el caso del de Xochimilco marcan el paso de la tubería general en subsuelo son un ejemplo, y si bien la forma de éstas es semejante a la de las chimeneas del antiguo acueducto, la ausencia de ornamento y la pureza geométrica de las formas marcan ya una visión funcional de la arquitectura que se verá reflejado en todas las construcciones asociadas, tanto las que corresponden a las arquitecturas del agua, como aquellas que pertenecen a las obras de compensación realizadas en los diferentes pueblos. En el caso de la casa de bombas, que se encuentra en la zona de captación, la arquitectura es completamente funcional, una construcción de columnas y traveses de concreto armado, con losas de concreto y muros de ladrillo.

Las obras de compensación se realizaron en todos los pueblos afectados. Como ejemplo de construcción de compensación, la escuela del poblado de Atarasquillo se convirtió en uno de los mejores ejemplos de escuela rural, por sus características de buena resolución espacial, construcción moderna e inclusión de murales. La dirección de Educación del Estado de México proporcionó la normativa y programas de las escuelas rurales⁴⁵. En este caso se proyectó una escuela para una población de 1,870 habitantes, de los cuales 440 se encontraban en edad escolar (menores de 15 años). El programa arquitectónico contaba con Teatro para cien personas, nueve salones de clases, una pieza para Dirección y Biblioteca, servicios sanitarios y casa de conserje. Las ideas fundamentales del partido arquitectónico eran:

1. La escuela debe formar un conjunto con los espacios libres que ya existen, ajustándose a los accidentes topográficos y tomando en cuenta la situación de la escuela en relación con el paisaje; dignificando al mismo tiempo el destino del edificio con la expresión plástica del mismo
2. Con el objeto de contrarrestar la baja temperatura en el lugar, debe orientarse para recibir el máximo asoleamiento
3. Poner la escuela a la altura de los principios pedagógicos actuales, que se basan en el fraccionamiento del total de alumnos, agrupándolos por edad y sexo, subdividiendo los patios de juegos y clasificando los sanitarios para diferentes edades.
4. Aprovechamiento de los materiales del lugar, con el objeto de incrustar la construcción en el medio ambiente

⁴⁵ Algunas de ellas: "Definición de Normas. *Cupo*: Para lograr efectividad en la enseñanza y al mismo tiempo economía, por lo que toca a empleo del profesorado se recomienda que las clases estén formadas por grupos de 40 a 50 niños, como máximo. *Dimensiones*: los salones de clase de 9x6 m., permiten un m² por alumno y cuatro m² para plataforma del profesor. La superficie de iluminación puede

5. Dar carácter de edificio escolar a la construcción, buscando, por otra parte, una expresión plástica, sólida y sencilla que no desentone con la plácida sencillez del pueblo
6. Trabajar todo el proyecto tomando como base un módulo, con el objeto de “estandarizar” los elementos de construcción, estructura, ventanas y puertas, etc. y lograr así mayor rapidez en los trabajos y mayor economía. (Obras del Lerma,1949, 69)

La escuela se dividió en dos cuerpos, en el primero, en la planta baja se localizaron los sanitarios de niños y niñas, y tres salones de clase destinados a los niños más pequeños, este cuerpo separa los dos patios. En estos años se consideró pedagógicamente más avanzado separar por sexos a los alumnos, con lo cual los espacios de enseñanza tuvieron que duplicarse, en muchos casos se consideró también la separación por sexos en los patios.

Las plantas altas de los dos cuerpos tienen salones de clase, la Dirección y la Biblioteca se localizaron de tal forma que fuera posible observar los patios de juego, los baños con regadera fueron localizados en un tercer cuerpo. Esta escuela se constituyó en un hito porque logró la combinación de utilización de materiales locales, integración al entorno y sistemas constructivos modernos.

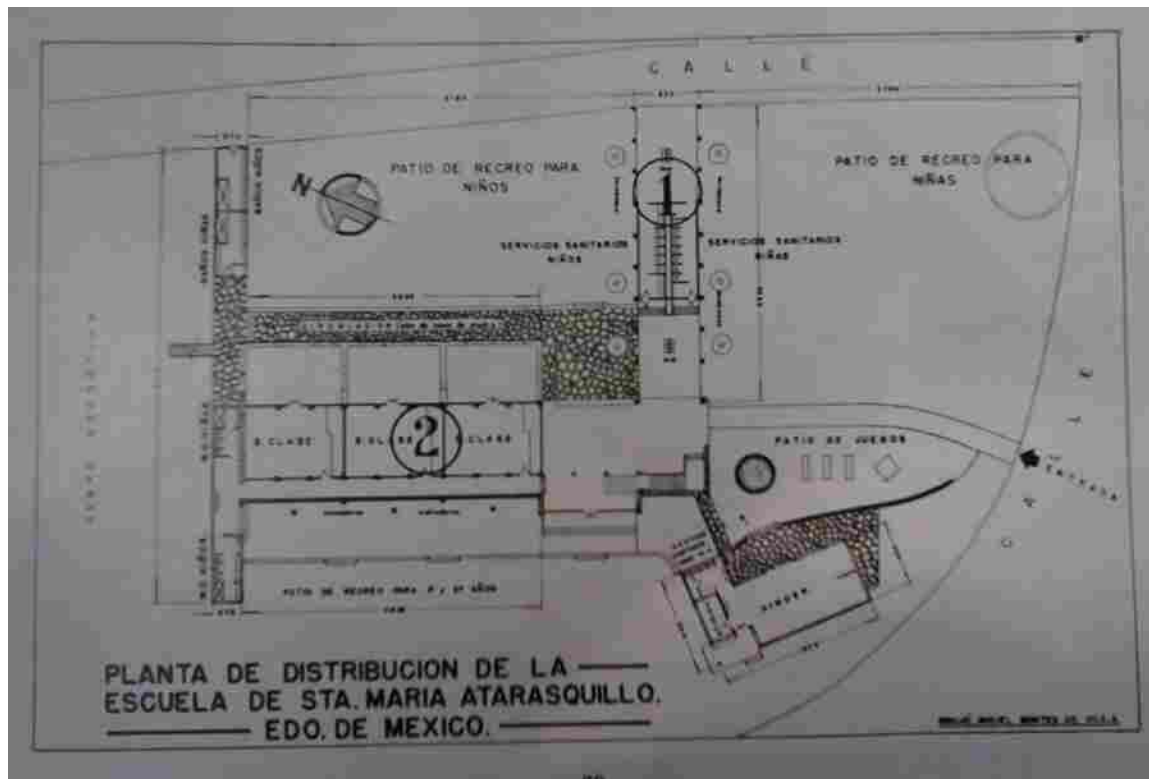
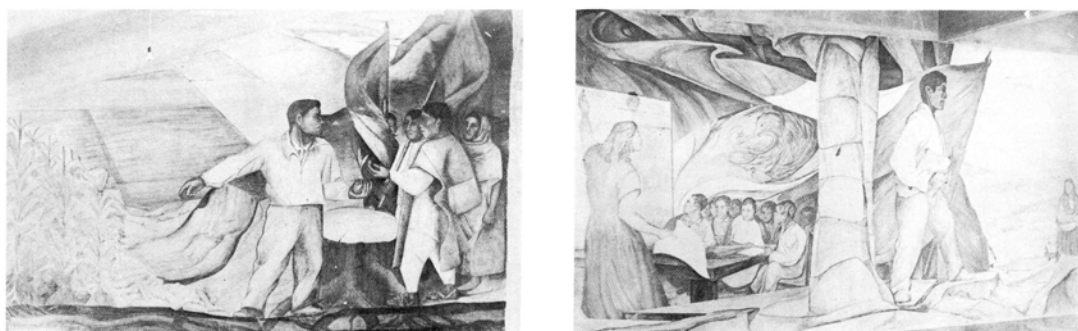


Figura 112. Planta de Distribución de la Escuela de Atarasquillo, Obras del Lerma,1949, p. 69

variar de 1/3 a 1/4 de la del piso del salón: la superficie de ventilación no debe ser menor a 1/3 de la superficie de iluminación...” (Las Obras del Lerma, 1949, 67)



Figura 113. La escuela de Atarascuillo en construcción, Obras del Lerma, 1949, 71



El C. Jefe del Departamento del Distrito Federal e invitados de honor en el descubrimiento del retrato del Lic. Gabriel Ramos Millán, durante la inauguración del Centro Escolar que lleva este nombre.



Figura 114. Murales en la escuela de Atarascuillo

Otros elementos importantes del acueducto son los dos puentes, que permiten el cruce del acueducto a través de las barrancas, el puente Ajolotes y el túnel de Tecamachalco -el más conocido-, muestra de arquitectura funcionalista con un cuidado diseño, montado sobre arcos de medio punto y realizado en concreto, se encuentra todavía en funcionamiento, aunque con claras señales de deterioro. Se ejecutaron varias caídas de agua para generar electricidad: río Borracho, Palmas y río San Joaquín con un carácter más utilitario que estético.

En el sitio de llegada de las aguas a la ciudad de México se realizaron tres elementos con una fuerte carga simbólica, el Cárcamo de Dolores o Cárcamo del Lerma, la fuente de Tláloc y el mural *El agua origen de la vida en la Tierra*⁴⁶.

El Cárcamo⁴⁷ de Dolores constituye uno de los hitos del Sistema Lerma, no tanto por la función tecnológica que cumplía como por la función simbólica de hacer entrega del agua a la Ciudad de México. El edificio, de inspiración clásica, su imagen se parece a la un templo romano con cúpula rebajada; según la maestra Louise Noelle, Rivas “concibió un sencillo edificio para albergar las pinturas murales y servir de marco a la singular fuente. Este se asemeja a un templo clásico “antipróstilo”, con una serie de columnas *in antis* al frente y en la parte posterior, que protegen a la *cella* o *naos*, donde se enseorea la diosa agua.” (Noelle, 2001, 195).

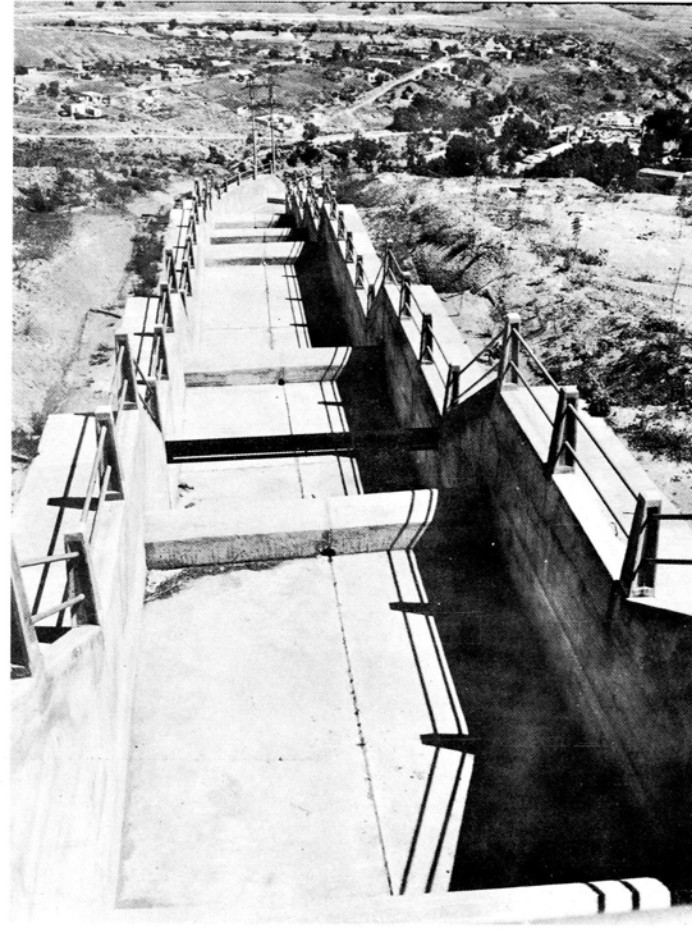
De planta cuadrada, limitado por dos grandes muros laterales, presenta en el acceso y en la parte posterior 6 columnas rectangulares, que generan un espacio de transición en el acceso del edificio y en la parte posterior, sobre estas sobresale un entablamento que sirve de marco a la losa que soporta el tambor y la cúpula rebajada, elementos que refuerzan la percepción de pureza clásica del edificio.

⁴⁶ Es el nombre con el que Diego Rivera se refería a su propia obra, ha sido clasificado como *El agua el origen de la vida y el agua en la evolución de las especies*, esta última en el Inventario del muralismo mexicano realizado por Orlando S. Suárez. (Aguirre, 2012, p.107)

⁴⁷ El cárcamo es un hoyo o zanja, generalmente un espacio cuadrado de nivelación y succión del líquido. SE conoce con ese nombre al edificio que contiene al cárcamo.

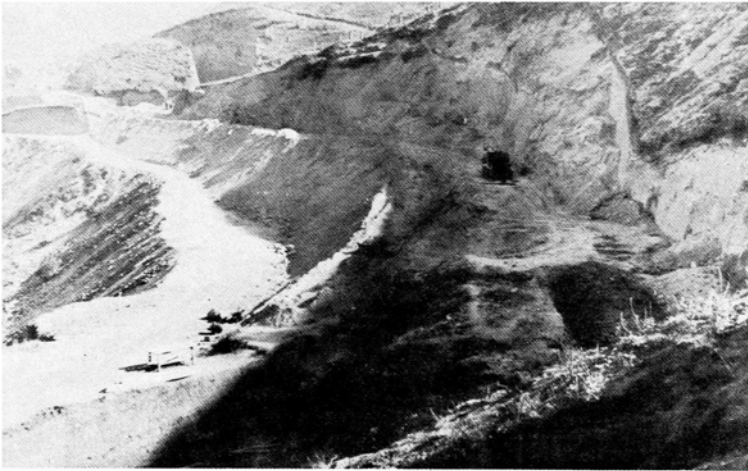


Rápida de la caída de Las Palmas y su conexión con el acueducto.



Rápida de Las Palmas y su unión con el acueducto.

Figura 115. Caída de las Palmas, D.D.F. Obras de Provisión de agua potable. 1951



Construcción de caminos de acceso a la planta hidroeléctrica de Las Palmas.

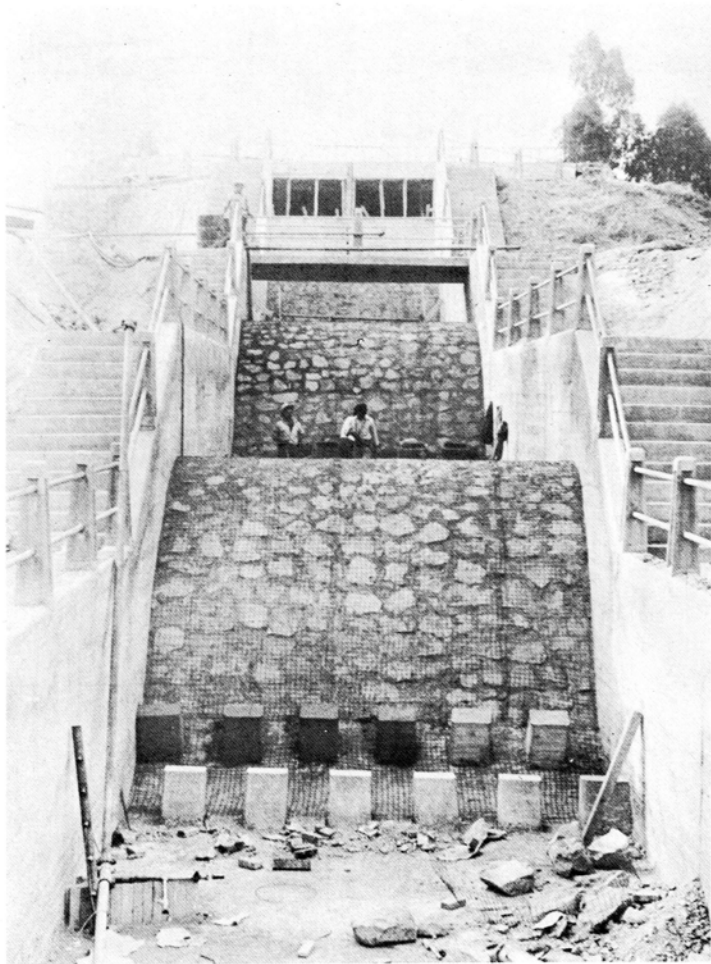


Excavaciones para el by-pass en Las Palmas.



Construcción de concreto reforzado del by-pass en Las Palmas.

Figura 116. Construcción de la Caída de las Palmas, D.D.F. Obras de Provisión de agua potable. 1951

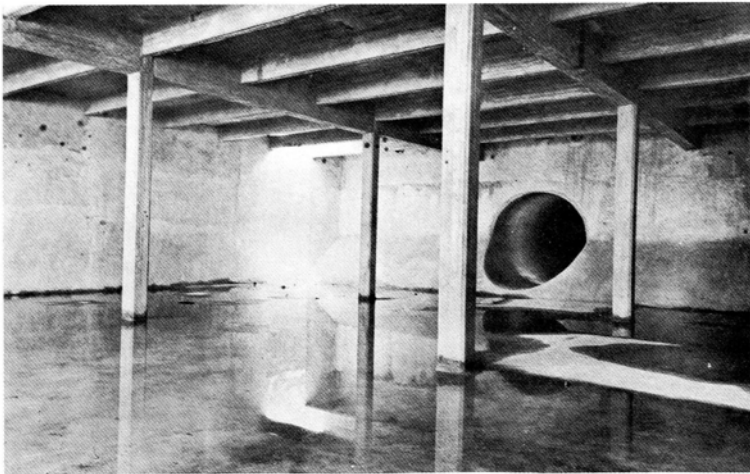


Rápidos de San Joaquín.

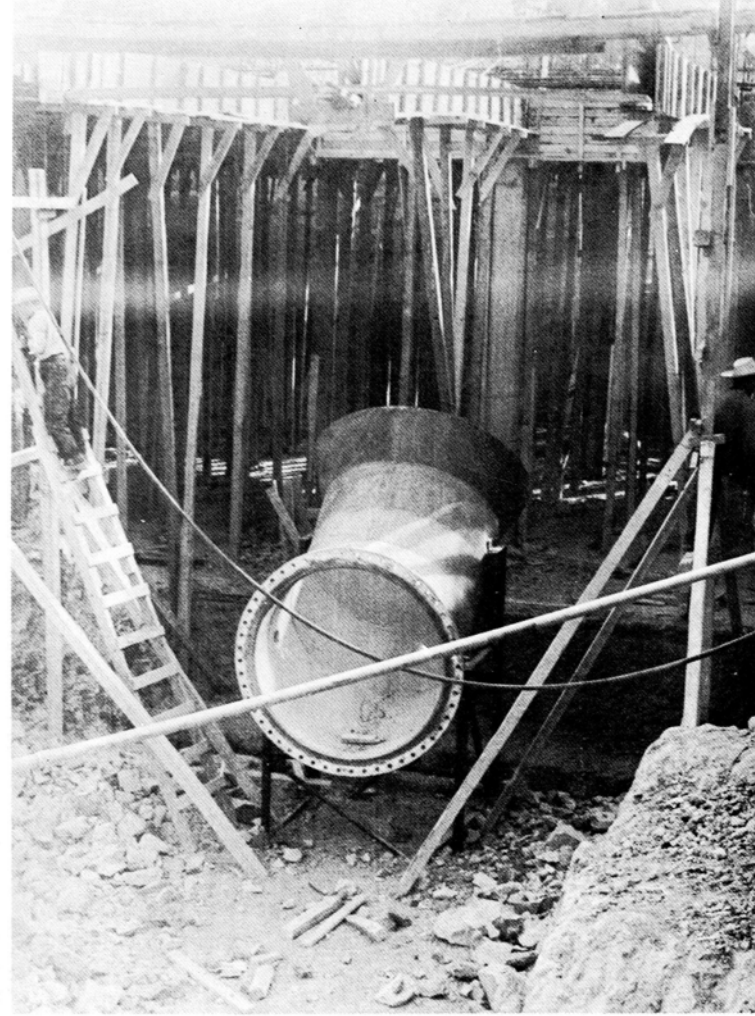
Figura 117. Caída de Río San Joaquín, D.D.F. de agua potable. 1951



Rampa de la tubería de presión para la planta de San Joaquín.

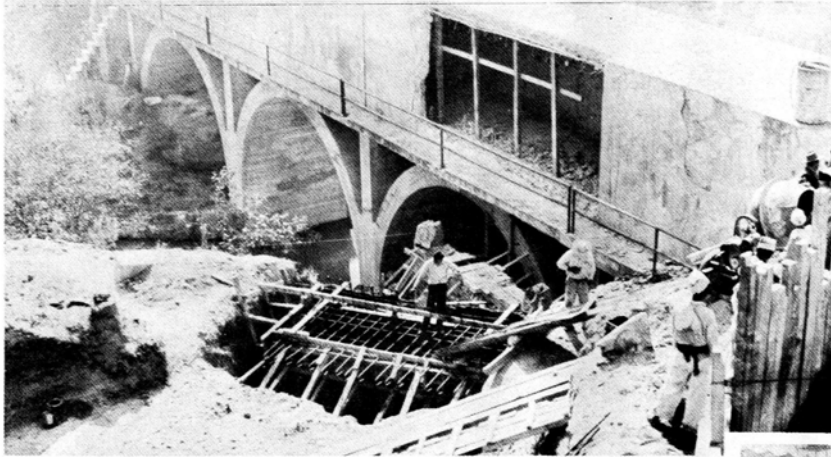


Tanque en la obra de toma de la caída de San Joaquín.



Obra de toma de la tubería de presión para la planta hidroeléctrica de San Joaquín.

Figura 118. Obras para la caída de Río San Joaquín, D.D.F. de agua potable. 1951

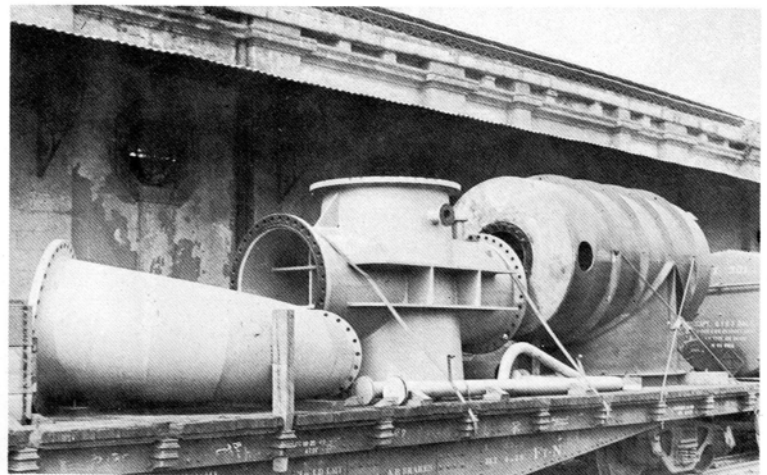
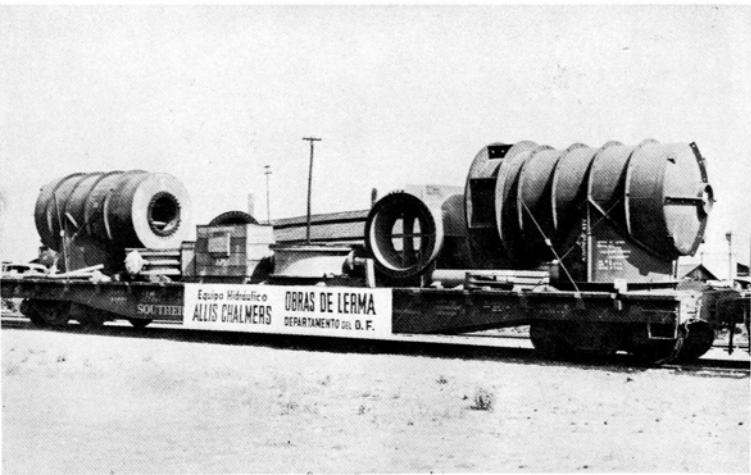
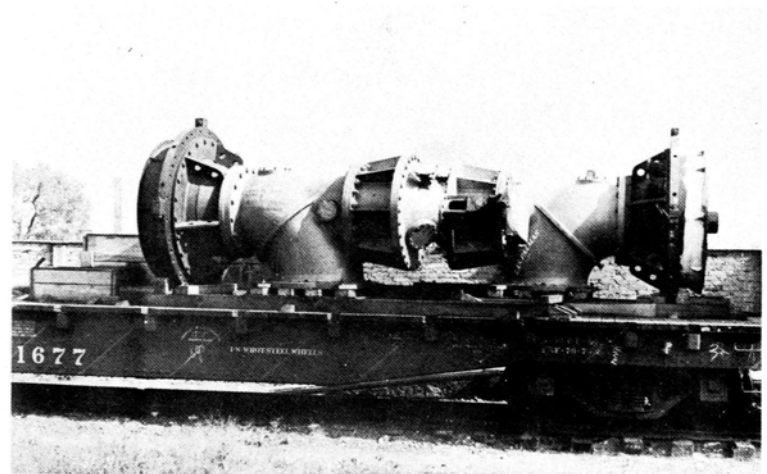
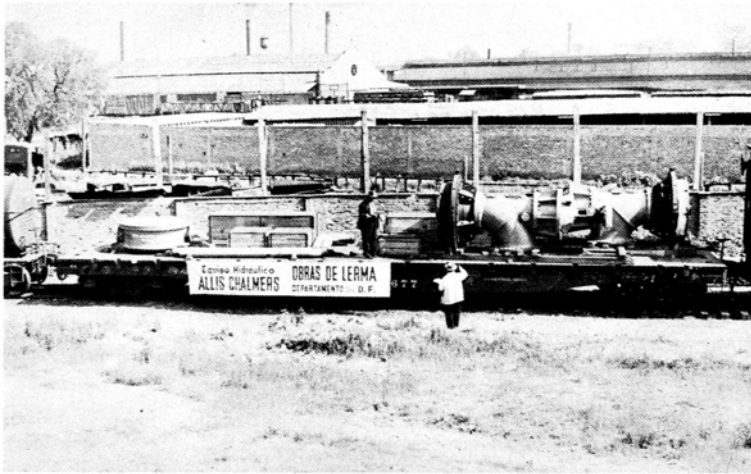


Enlace del canal de desfogue de la planta hidroeléctrica de San Joaquín con el puente-canal.



Puente-canal sobre el río de San Joaquín.

Figura 119. Puente Canal sobre el Río San Joaquín, D.D.F., Obras para la Provisión de agua potable, 1951



Equipo de válvulas y tubería para la planta hidroeléctrica de San Joaquín, adquiridos en los Estados Unidos.

Figura 120. Equipo de válvulas e hidroeléctrico para la planta de Río San Joaquín, D.D.F., 1951



Terraplén del sifón de Dolores.

Figura 121. Terraplén del sifón de Dolores, D.D.F., 1951

La construcción -realizada en concreto-; se encuentra forrada de cantera. Posee un entablamento sobre el cual descansan unas gárgolas con forma de serpiente y en el interior cuatro tallas de serpiente en los ángulos interiores, según la misma autora pueden ser una representación de Quetzalcoatl en su aspecto de serpiente emplumada y deidad del agua.

El cárcamo tenía como función recibir las aguas del Lerma y enviarlas a través de cuatro grandes tuberías a los Depósitos Reguladores del acueducto de Xochimilco, que quedaron así convertidos en tanques de almacenamiento distribuidores a través de la Cámara de las Válvulas del antiguo acueducto, ésta conectaba a la Cámara de las Bombas de la Condesa –las bombas eléctricas quedaron inhabilitadas a partir de la construcción del Sistema Lerma-, y a través de la cámara de Válvulas de la Condesa a la red de la ciudad.

La construcción de un solo nivel, tiene al interior una doble altura ya que el cárcamo propiamente dicho tiene una profundidad de 5 metros. El mecanismo de las compuertas ocupaban un gran espacio del interior, que permitía la conexión hacia la Cámara de las Válvulas y los cuatro depósitos.

Diego Rivera, invitado a participar en esta experiencia de integración plástica por el Arq. Rivas, realizó dos obras, la gran fuente exterior que representa al dios Tláloc y el mural del interior del cárcamo.

La fuente de Tláloc fue ejecutada con una técnica de policromía de mosaico de piedra de fuerte influencia indígena, es una fuente de diseño trapezoidal, con un reborde rebajado de recinto que permite el flujo continuo del agua, al interior, recostada se encuentra la gran escultura de Tláloc representado con dos caras.

El mural se realizó usando poliestireno y hule líquido, idea original del arquitecto Rivas que consideró que este material resistiría la fricción del agua y el salitre. El mural cubre las paredes interiores del cárcamo y se encuentra dividido por temas diferentes en cada una de las paredes, en una de ellas están dibujados los ingenieros y los trabajadores que participaron en la construcción del Sistema del Lerma como un homenaje a los que hicieron posible esta magna obra, que volvía a “salvar” a la población de la ciudad de México, enfatizando el carácter social del proyecto. Arriba del tubo de acceso del agua se encuentra la parte más conocida del mural las dos grandes manos que ofrecen el agua a la ciudad⁴⁸.

⁴⁸ Para una descripción iconográfica completa del Cárcamo, la Fuente de Tláloc y el mural *El agua origen de la vida en la Tierra*, ver el artículo de Louise Noelle “Integración Plástica y Funcionalismo. El Edificio

La idea de Diego Rivera era cubrir todo el interior del edificio hasta la cúpula y el exterior del edificio, el mural cubrió solamente el cárcamo y con la fuente y el edificio del cárcamo, es uno de los mejores ejemplos de integración plástica de la arquitectura mexicana.

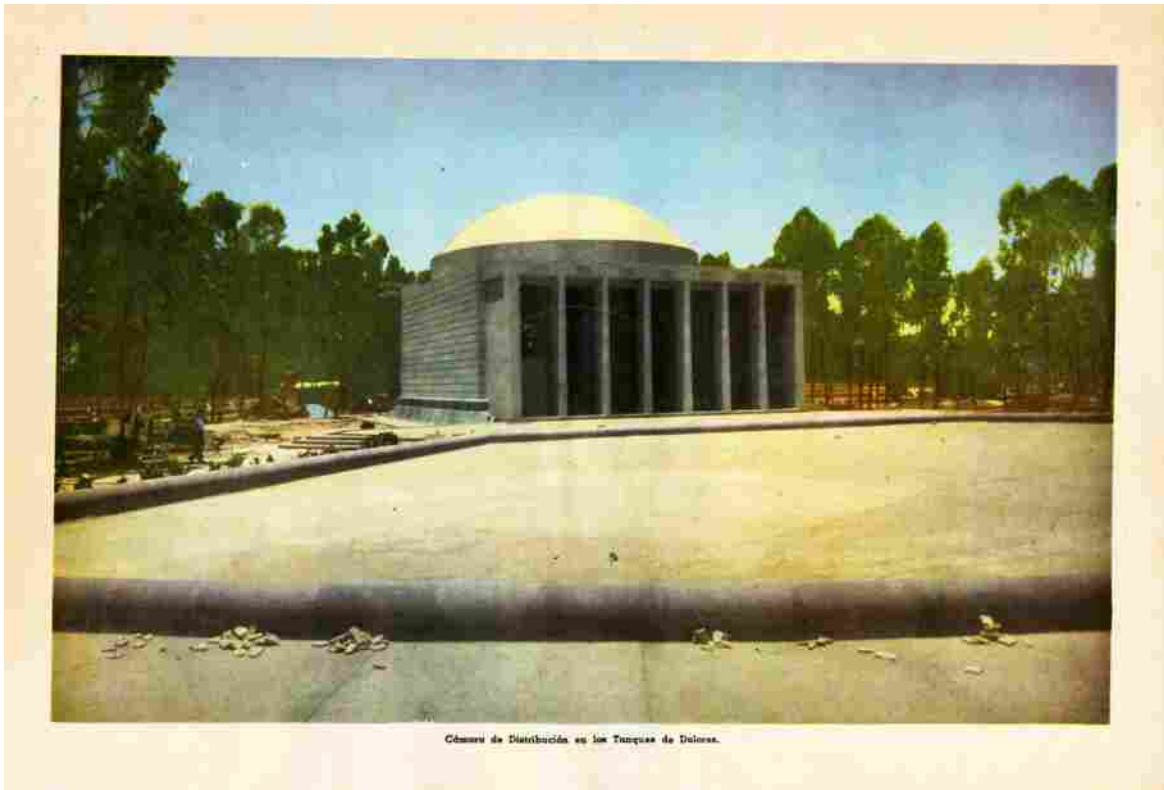
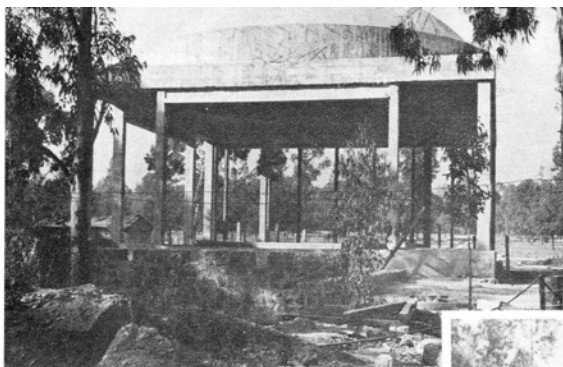


Figura 122. El edificio en construcción, D.D.F. Obras de provisión de agua potable. 1951

del Cárcamo del Sistema Hidráulico Lerma y Ricardo Rivas” y el libro *El agua origen de la vida en la Tierra. Diego Rivera y el Sistema Lerma*, Arquine.



Cámara para la distribución del agua a los tanques de regularización en Dolores.

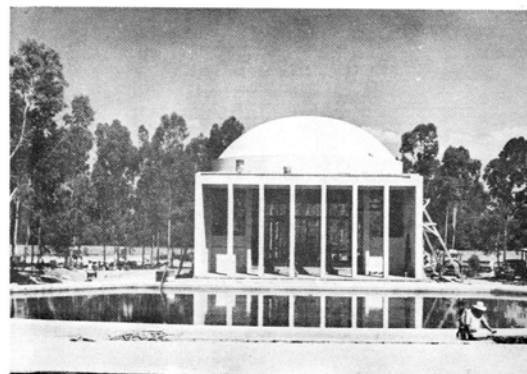
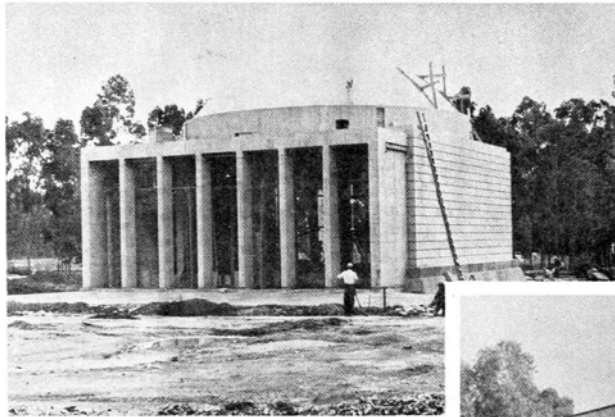
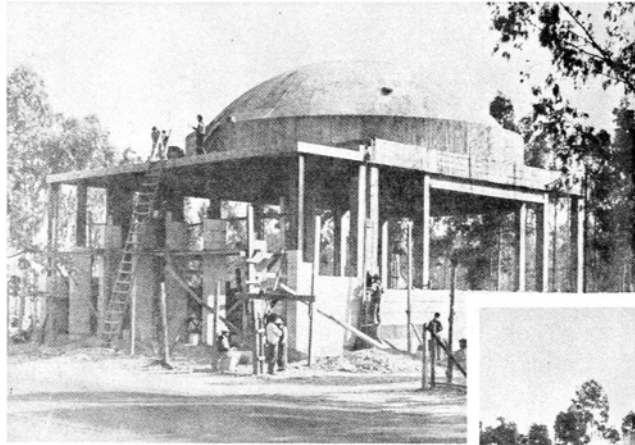


Figura 123. Construcción del Cárcamo de Dolores o Cárcamo del Lerma, D.D.F. de agua potable. 1951



Cámara para la distribución del agua a los tanques de regularización en Dolores.

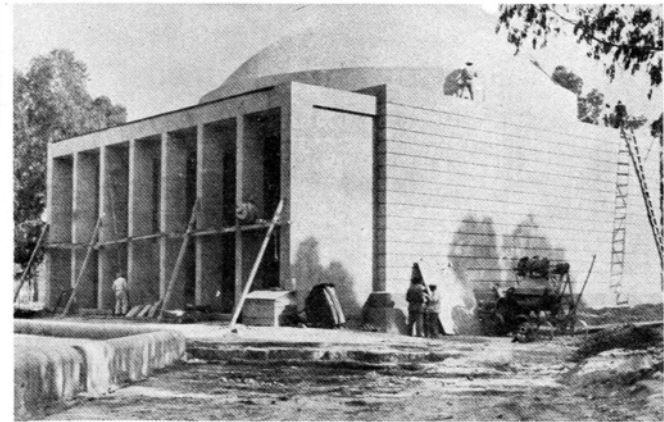
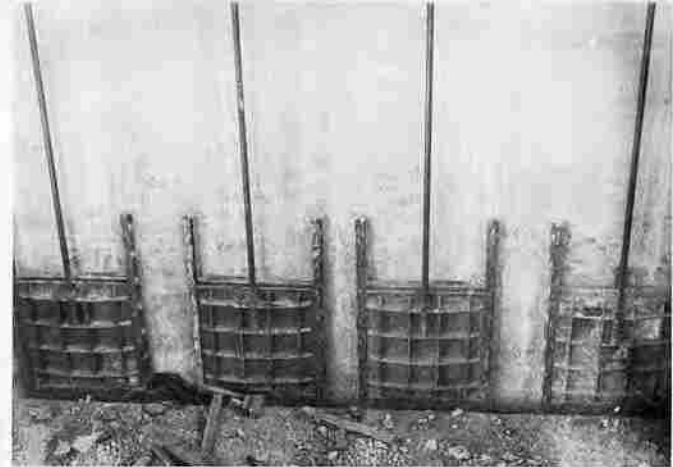


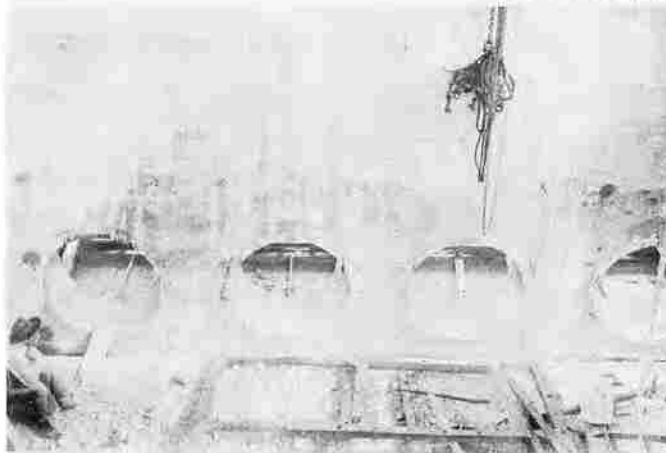
Figura 124. Construcción del Cárcamo de Dolores o Cárcamo del Lerma, D.D.F. de agua potable. 1951



Silleros para las tuberías de conexión de la caja de distribución a los tanques de Dolores.



Compuertas en el muro oriente de la caja de distribución.

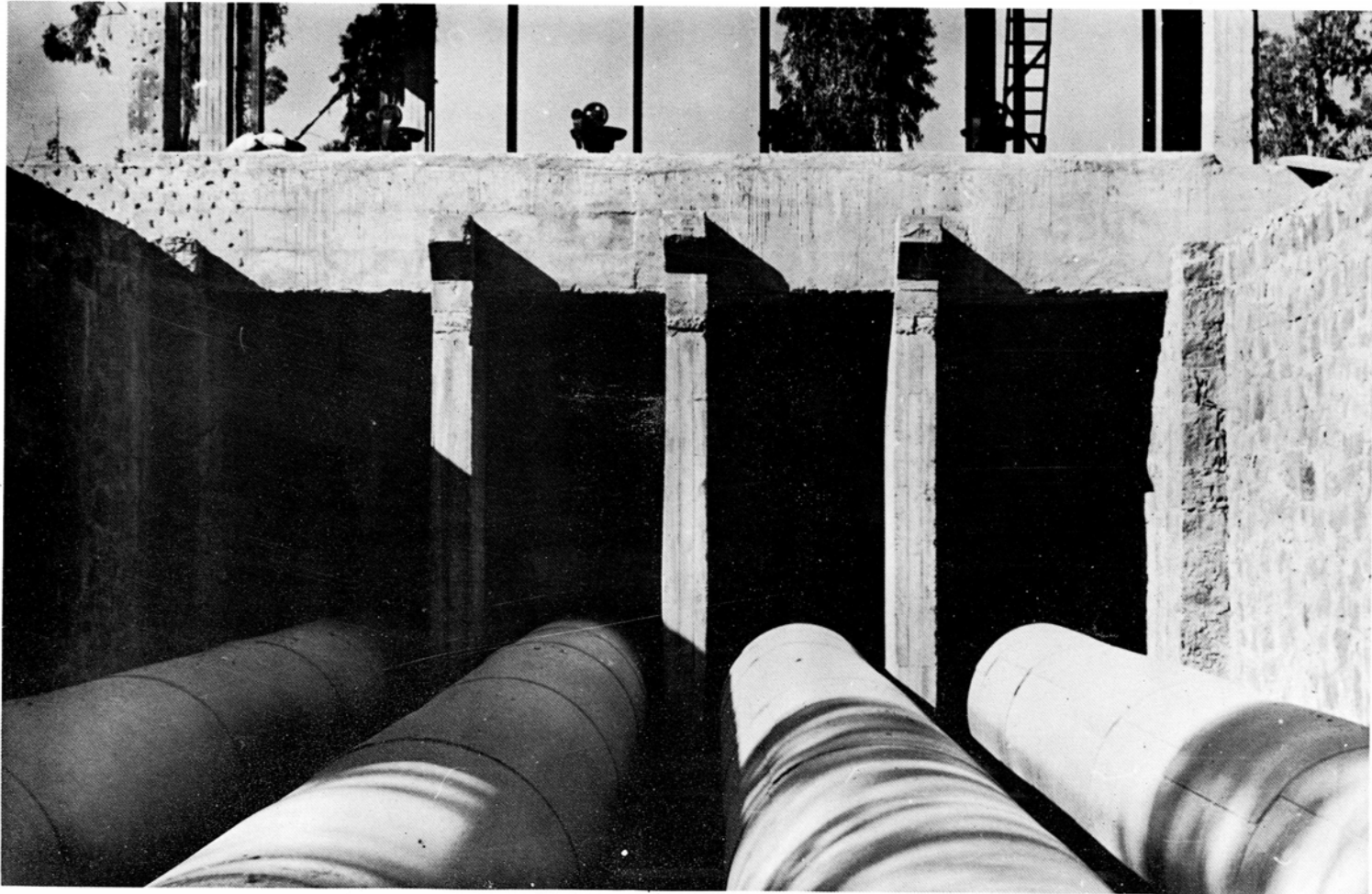


Conexión de la caja de distribución con las tuberías de los tanques.



Elevadores de las compuertas.

Figura 125. Construcción del Sistema de compuertas y los silleros para las tuberías, D.D.F. de agua potable. 1951



Tuberías de conexión de la caja de distribución con los tanques de Dolores.

Figura 126. Tuberías de conexión a los tanques reguladores, D.D.F. Provisión de agua potable. 1951



Figura 127. Mural El origen de la vida de Diego Rivera. D.D.F. Provisión de agua potable. 1951



Figura 128. Mural El origen de la vida de Diego Rivera. D.D.F. Provisión de agua potable. 1951

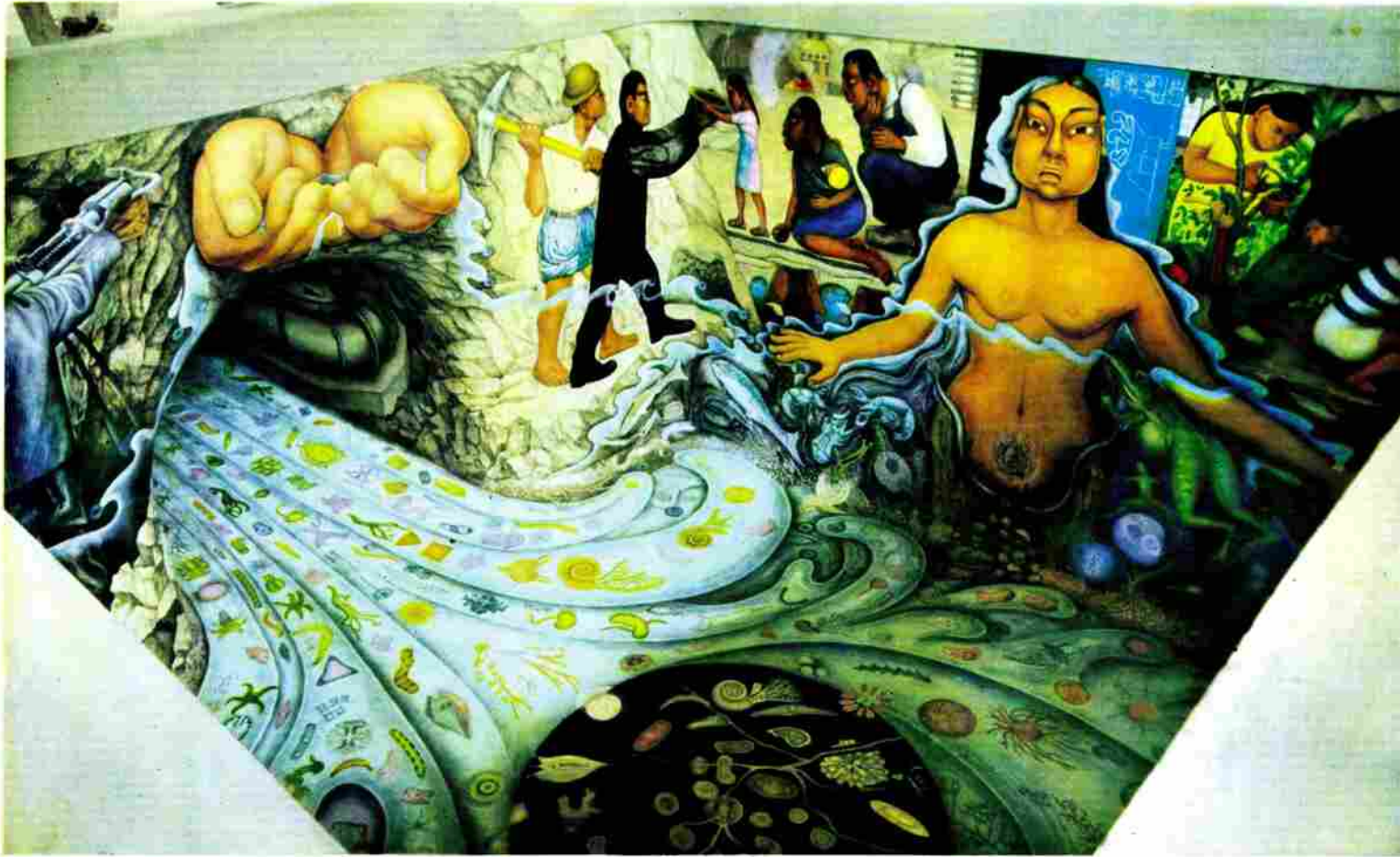


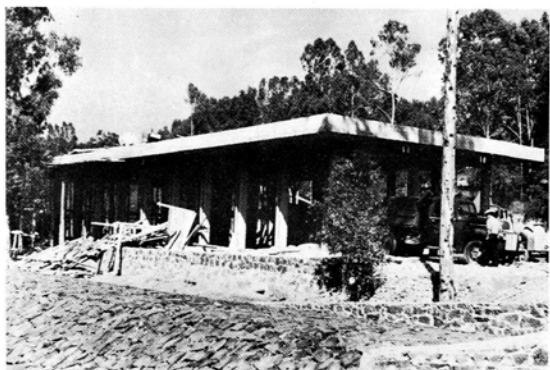
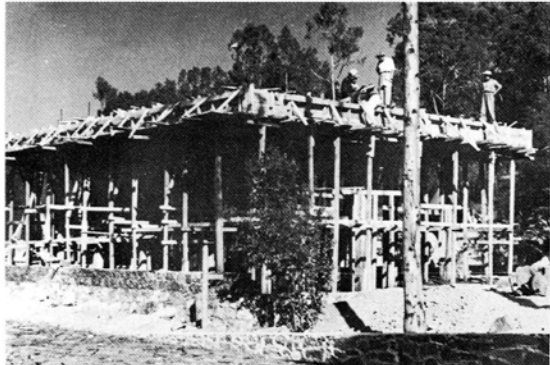
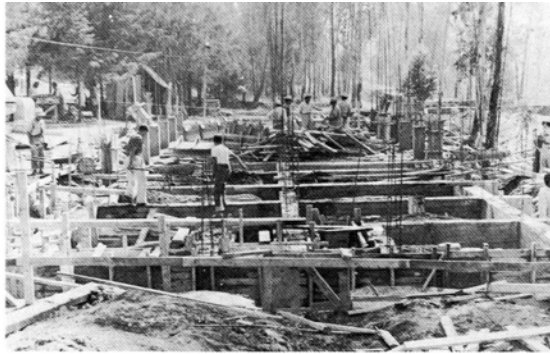
Figura 129. Mural El origen de la vida de Diego Rivera. D.D.F. Provisión de agua potable. 1951



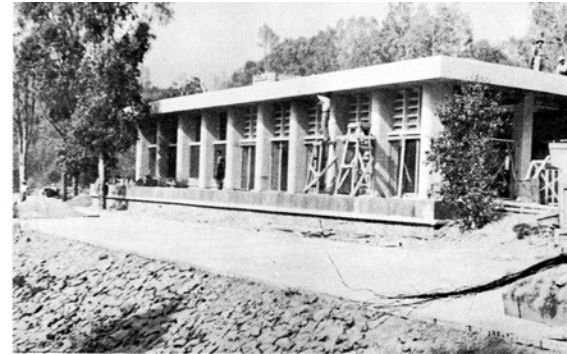
Figura 130. Mural El origen de la vida de Diego Rivera. D.D.F. Provisión de agua potable. 1951



Figura 131. Mural El origen de la vida de Diego Rivera. D.D.F. Provisión de agua potable. 1951



Construcción de la planta para la purificación del agua en el Parque Dolores, antes Paseo del Conejo. Lomas de Chapultepec.



Pavimentación de concreto en el camino de acceso a la planta de purificación en el Parque Dolores.

Figura 132. Planta Purificadora en el Parque de Dolores, Lomas de Chapultepec



Figura 133. Vista aérea del Cárcamo de Dolores y la fuente de Tláloc, antes de la restauración



Figura 134. Proceso de restauración del Cárcamo de Dolores, 2009

3.4. Los principales actores y la incorporación de la Planificación Regional al proyecto del Lerma

En el periodo que va de 1880 a 1930, la legislación relativa a las aguas cambia de forma medular, cómo vimos en los capítulos anteriores, los municipios ceden una parte importante de sus atribuciones y el gobierno centraliza las decisiones de interés público (Aboites, 1998:157).

La negociación entre actores forma parte sustancial del proyecto Lerma, desde las primeras acciones existe una negociación relativa a la obtención de formas de mejoramiento urbano y social.

Los actores locales, municipios y pueblos ribereños, tienen una fuerza y apoyo social que llevan a las otras instancias de gobierno a proponer concesiones que permitan desarrollar los proyectos.

Vimos en el caso de los proyectos para la desecación de las lagunas del Alto Lerma que las negociaciones sobre los terrenos liberados dejaban a los pueblos esta superficie para el desarrollo de una economía agrícola y ganadera, sin embargo, ninguno de estos proyectos tuvo éxito y finalmente los pueblos que vivían de la economía lagunera se negaron al desecamiento.

A partir de 1929, con las primeras negociaciones, se obtienen los derechos para el Distrito Federal de cuatro manantiales, a cambio de la construcción de la red de agua potable y una escuela.

Para el desarrollo de la primera etapa del proyecto del Sistema Lerma se realizaron una serie de obras producto de estas negociaciones, los municipios se posicionaron como actores de peso y lograron generar mejores condiciones de salud, de infraestructura y de educación en la zona.

La Dirección de las Obras del Lerma, a cargo del Ingeniero Enrique Molina, desarrolló un apartado específico de planeación regional para el área de impacto del proyecto, a cargo del Arq. Ricardo Rivas y que según su propia expresión podría constituirse en un ejemplo para todas las grandes obras de ingeniería que se realizaban en la República Mexicana: "...puede y debe aplicarse a todas aquellas obras de ingeniería que se lleven a cabo en el medio rural, en vista de las exiguas condiciones de salubridad, higiene y habitación, y la falta de elementos culturales que privan en el campo."(Las Obras del Lerma, 1949, 61).

El Arquitecto Rivas fue miembro de la Unión de Arquitectos Socialistas de México y de 1953 hasta su fallecimiento fue profesor de la ESIA Tecamachalco del IPN, teniendo toda su vida una participación muy importante en la demanda de mejoramiento de las viviendas para trabajadores⁴⁹.

Para la realización de este apartado, el Arq. Rivas se basó en datos generales de las condiciones socioeconómicas del México rural en esa fecha, y da como elementos fundamentales la densidad de población “raquítica” que en ese momento tenía el país, aunque ya se notaba un rápido crecimiento demográfico por la reducción de la mortalidad infantil, con una tasa media de crecimiento de 2.6. En ese momento la población rural del país correspondía al 66.7% de la población general, de un total de 15,300,000 de habitantes.

Es bastante curioso observar la mezcla de datos y conceptos que sirven como base de justificación del estudio y el porqué de la necesidad de realizarlo para paliar algunas de las condiciones existentes en el México rural de fines los años 40:

Después de siglos de adversidad y exterminio impuesto por los españoles: soportando altos coeficientes de mortalidad infantil, paludismo, onchocercosis, etc. lo que redujo enormemente el número de habitantes, puesto que la población prehispánica de la República fué, según investigaciones hechas por autoridades en la materia de 25 millones de habitantes; en 1810, al iniciarse la lucha organizada por la independencia política de México, la población indígena había bajado a 3,678,281 habitantes, el 60% de la población de la Nueva España. En 1910, solamente alcanza el 16.85% de la población, si se consideran los factores culturales únicamente, y sube al 30% si a la población que habla lenguas indígenas se suma aquella que, habiendo perdido las características culturales propias, étnicamente sigue siendo indígena.

Pero no olvidemos que la Nación no es concepto antropológico, sino sociológico, y que su definición la dan las creaciones culturales, la forma de entender la vida y de valorizarla, sus ideales y aspiraciones que la guían.

El indio alcanzó un alto grado de cultura en el mundo prehispánico: fue maestro inigualable en las artes plásticas, desde la orfebrería hasta la arquitectura. Construyó

⁴⁹ “...participó activamente en el grupo conocido como la Unión de Arquitectos Socialistas (uas), que tuvo diversas acciones relevantes de 1938 a 1940, al amparo del cardenismo...Además de su filiación al Partido Comunista, en compañía de Carlos Leduc, preparó la participación en la uas, donde la ideología imperante asimilaba socialismo y funcionalismo; asimismo, es probable que esta militancia de izquierda haya sido el lazo de unión con Diego Rivera...” (Noelle, 2001, 201)

admirables ciudades, que los sorprendidos españoles no alcanzaron a comprender tal fantasía, técnica y belleza.

En la ciencia astronómica fué superior a los egipcios y babilonios antiguos.” (Las Obras del Lerma, 1949, 63)

El interés y el compromiso para mejorar las condiciones de los habitantes indígenas de las zonas rurales es real, y es importante remarcar esto porque a raíz de los impactos ambientales que ocasionó el acueducto sobre la zona del Lerma, se han dejado de lado varios aspectos muy importantes de la planificación y las obras sociales que se realizaron en los Altos del Lerma y predomina la imagen del expolio del agua para la ciudad de México. También, al leer el párrafo anterior es posible ver la fuerte base ideológica de la tendencia nacionalista pre-hispanizante que muchos de los arquitectos de la época hicieron reflejar en sus edificios.

Para esta fecha los datos indican que el 72.4% de las construcciones rurales no tenían agua potable, y el 86.5% de la población no contaba con drenaje. Las enfermedades gastrointestinales eran responsables del 20% de las defunciones. El 58.8% de las viviendas en las zonas rurales eran chozas de un solo cuarto, sin servicios, con piso de tierra e incluían en su interior la cocina, el pesebre y el gallinero. El informe considera que el 40.4% de la población de México vivía en estas condiciones. Por el lado de la educación, el informe considera que el 66.5% de la población rural en edad escolar carecía de escuelas. Dentro del estudio resaltan que la planificación nacional permitiría, con la derrama tecnológico-económica de las obras de ingeniería realizadas en el medio rural, equilibrar las condiciones de estas zonas, manifestando que no era solamente necesario encontrar un equilibrio entre la producción y el consumo, sino un aumento hasta del 100% en los dos rubros, necesario para el mejoramiento de la calidad de vida en las áreas rurales. La responsabilidad de esta planeación debería estar a cargo de un economista y de un arquitecto o ingeniero para la parte técnica.

Este estudio socio-económico, funcionó como justificación dentro de la memorias de las Obras del Lerma de 1949, de la construcción de las obras que el Departamento del Distrito Federal realizó como compensación a los municipios a los que les fue extraída una gran proporción del recurso del agua⁵⁰, ya que los datos proporcionados son generales, y no son específicos del área de estudio.

⁵⁰ Si analizamos las conclusiones principales del estudio realizado por Gloria Camacho Pichardo, en los proyectos para desecar las lagunas del Lerma en el siglo XIX, es claro que los ayuntamientos de esta zona del Estado de México conservaron muchas de sus prerrogativas y no pudieron ser despojados de

Se elaboró el siguiente cuadro guía, con la finalidad de que fuera utilizado en otros estudios futuros:

Tabla N° 26. Aspectos Fundamentales que deben abordarse para la Proyección y Mejoramiento de las Regiones en la Planeación de las Obras de Ingeniería que se realicen en el Medio Rural.

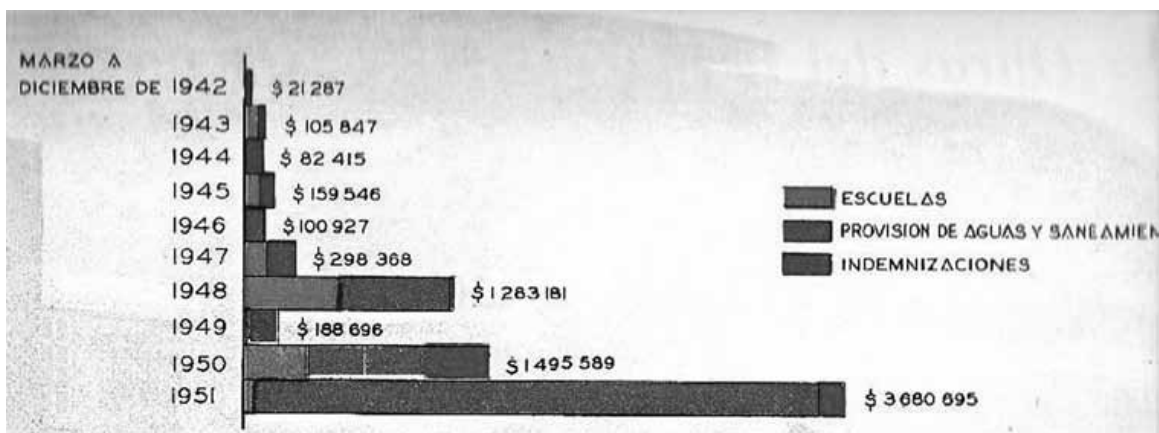
Cuadro Básico

Factores	Instrumentos de modificación
Producción y uso de la tierra	Pequeñas obras de irrigación. Mejoramiento de los sistemas de cultivo Nuevos sistemas de cultivo. Sistemas de almacenamiento de productos agrícolas. Reforestación.
Higiene y salubridad	Provisión de agua potable y saneamiento de los poblados. Sistemas de medios de prevención y control de enfermedades endémicas. Servicios médicos de socorro y emergencia.
Habitación	Formulación de estandars para la habitación rural regional, sobre diferentes elementos constitutivos; Sistemas de techos; puertas, ventanas, cocina, servicios sanitarios, instalaciones para los animales domésticos, etc. Construcción de tipos de habitación.
Aspecto cultural	Revisión de instalaciones de las escuelas existentes para resolver las deficiencias. Revisión del cupo de las escuelas existentes: en caso de déficit, ampliación o construcción de nuevas escuelas. Instalación de campos deportivos. Instalación de baños colectivos.
Comunicaciones	Caminos rurales.

Fuente: Las Obras del Lerma, 1949, p. 66

los terrenos considerados fondos ejidales. Esto refleja que por lo menos desde el siglo XIX, estos pueblos

Estos trabajos contemplaron la construcción de vivienda para los pobladores desplazados, la dotación de agua potable, la construcción de escuelas industriales (industria Textil), la construcción de escuelas primarias, la construcción de baños públicos y lavaderos e indemnizaciones económicas.



Fuente: Informe de actividades del D.D.F., 1952 en Torres, 2014, p. 96

Los costos de la obras ejecutadas asociadas a la construcción del Sistema son los siguientes:

Tabla Nº 27. Gastos por año de las Obras Sociales Ejecutadas

Año	Cantidad
1942	\$ 21,287.24
1943	\$ 105,847.23
1944	\$ 82,415.17
1945	\$ 159,546.10
1946	\$ 100,927.35
1947	\$ 298,367.66
1948	\$ 1,283,180.88
1949	\$ 433,590.23
1950	\$ 1,495,562.71
1951	\$ 1,553,109.46 (parcial enero-mayo)
Total hasta 1951	

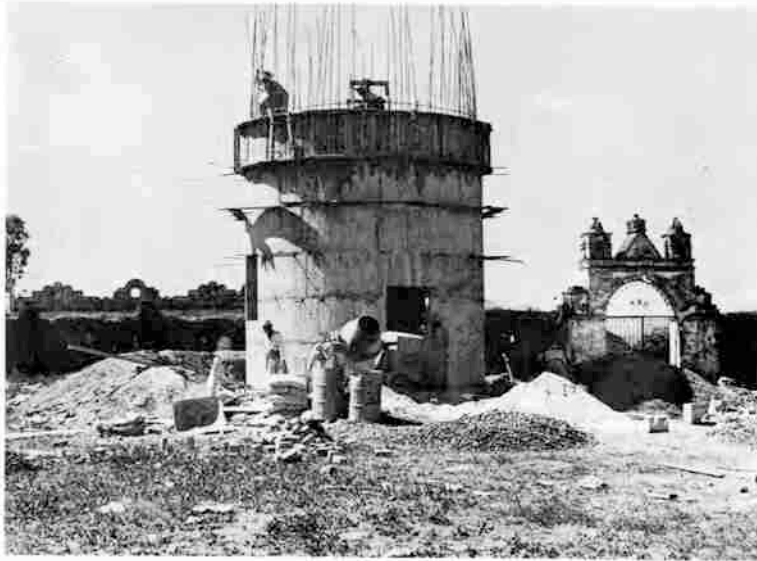
Fuente: D.D.F. de Aguas Potable, 1951

tenían una fuerte capacidad para convertirse en actores sociales.

Es esta una de las primeras veces en que vemos explícitamente el discurso de la modernización industrial del México rural, en este caso, ligado también al mejoramiento de las condiciones de vida de la población residente. El desarrollo industrial posterior deja claro que desde este momento se concebía el acueducto del Lerma dentro de toda la complejidad del sistema urbano-industrial de las ciudades de México y Toluca. Toluca, el corredor industrial Toluca- Lerma -iniciado en 1940-, y la ciudad de México establecieron un proyecto económico para la región del Alto Lerma que modificó profundamente el devenir de la zona, que tuvo un impacto fuerte en las condiciones medioambientales y que la convirtió en uno de los cimientos del despliegue económico-industrial de México.

A partir de 1966, se realizaron una serie de acuerdos para garantizar el funcionamiento ya que la construcción del Sistema Lerma no comportó la realización de un convenio de carácter legal. En ese año se realiza un convenio entre el Ejecutivo Federal, el Estado de México, y Departamento del Distrito Federal para el aprovechamiento conjunto de los mantos acuíferos subterráneos de la Cuenca Alta del Ríos Lerma (14/12/1966, publicado el 16/12/1966). En 1968 se realiza un convenio adicional para el aprovechamiento de los mantos subterráneos (12-12-1968, publicado el 14/12/1968).

En 1969 se firma un convenio para la operación, control y conservación del Sistema Lerma, entre la Secretaría de Recursos Hidráulicos y el D.D.F. (18/02/1969). Se firma un convenio adicional para el aprovechamiento de los mantos subterráneos y la construcción de obras de beneficio social (10/03/1969). En 1970 se modifica la cláusula 13ª del convenio anterior para finiquitar las obligaciones de las obras de beneficio social. (Torres, 2014: 98-99)



Construcción del tanque de concreto para el abastecimiento de agua del pueblo de Almoloya.

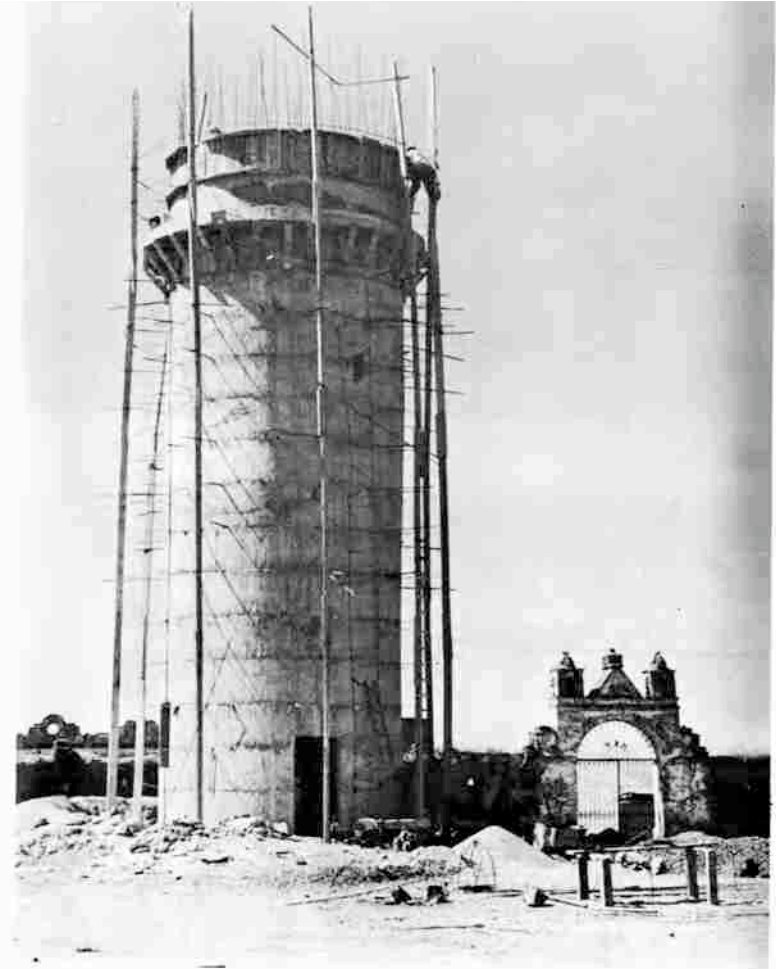


Figura 136. Tanque de almacenamiento para el abastecimiento del pueblo de Almoloya. D.D.F. Obras para la provisión de agua potable. 1951



Casas Construidas por el Departamento del Distrito Federal en sustitución de las que hubo que destruir con motivo de las obras de captación en Almoloya del Río, Méx.

Figura 137. Casas construidas por el Departamento del Distrito Federal para los pobladores de Almoloya del Río afectados por las obras del Sistema Lerma. D.D.F. Obras para la provisión de agua potable, 1951



Construcción de la escuela primaria en el pueblo de San José del Llanito, con cupo para 200 alumnos.

Figura 138. Escuela primaria en el pueblo de San José del Llanito. D.D.F. Obras para la provisión de agua potable, 1951



Canal de desagüe para protección de los manantiales de Ameyalco.



Lavaderos y baños públicos en San Miguel Ameyalco.

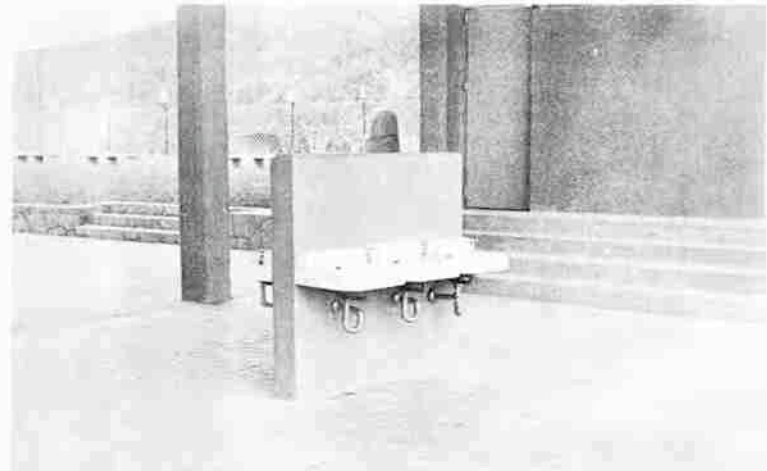


Figura 139. Canal de protección de los manantiales de Ameyalco. Lavaderos y Baños públicos en San Miguel Ameyalco.
D.D.F. Obras para la provisión de agua potable, 1951



Edificio para una escuela de la industria textil regional en el pueblo de San Miguel Ameyalco.

Figura 140. Escuela para la Industria Textil. San Miguel Ameyalco. D.D.F. Obras para la provisión de agua potable, 1951



Centro Escolar "Gabriel Ramos Millán", construido por el Departamento del Distrito Federal en Santa María Atarasquillo.

Figura 141. Centro Escolar en Santa María Atarasquillo. D.D.F. Obras para la provisión de agua potable, 1951



Escuela Primaria construida por el Departamento del Distrito Federal en San Mateo Atarasquillo.



Inauguración de una aula en la escuela primaria de San Mateo Atarasquillo.

Figura 142. Escuela primaria en Santa María Atarasquillo. D.D.F. Obras para la provisión de agua potable, 1951



Escuela construida por el Departamento del Distrito Federal en el pueblo de Santiago Amelco.



Figura 143. Escuela primaria en Santiago Amelco. D.D.F. Obras para la provisión de agua potable, 1951

3.5. Expansión urbana, industrialización y cobertura del sistema de abasto. A manera de Conclusión.

La cuenca Lerma Chapala fue históricamente un lugar importante de asentamientos humanos y producción agrícola, durante la época colonial sirvió como área de abastecimiento cerealero de la región norte del país. A partir de la construcción del Sistema Lerma, la zona tuvo una fuerte transformación en el modelo de desarrollo, donde se buscó que la zona se convirtiera en un gran polo industrial y de servicios, con actividades agrícolas especializadas, que "...dio a la región un impulso económico sin precedentes, mismo que desencadenó el acelerado desarrollo de una red de ciudades, el aumento constante de la densidad demográfica, la consolidación de un corredor industrial y el impulso a las actividades agrícolas intensivas." (Atlas, 2006)

El área de mayor concentración poblacional de la cuenca, como puede observarse en el mapa 3, corresponde a la gran conurbación Toluca-Ciudad de México, esta gran concentración, que tuvo su mayor expansión a partir de los años 70 del siglo pasado, tuvo un fuerte apoyo en la infraestructura del Sistema Lerma. En la cuenca del Lerma se concentran cinco áreas metropolitanas (León, Guanajuato; Morelia, Michoacán, Toluca, Estado de México; Guadalajara, Jalisco; y Ciudad de México, Distrito Federal), dos de ellas, el área metropolitana de la Ciudad de Guadalajara y el la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, pertenecen a las tres áreas productivas más grandes del país.

En cuanto al nivel socioeconómico, los municipios que conforman el eje industrial Toluca-México, tienen el nivel más alto del Estado de México. El índice de marginación, que contempla las dificultades de acceso a la vivienda, la educación, la salud y la falta de ingresos, indica para la zona de estudio los menores índices de marginación de toda la cuenca (mapa 7).

Si revisamos el mapa de actividades económicas por sector (mapa 8), puede observarse que en la zona de estudio los municipios tienen como actividad fundamental la actividad manufacturera y extractiva y la terciaria de servicios. Dentro de las zonas más desarrolladas de toda la Cuenca Lerma-Santiago, una de las principales es la que se conformó como el corredor industrial-comercial Lerma-Toluca-Atzacomulco-Jilotepec.

Los municipios especializados con actividad manufacturera se concentran en el Estado de México y en el área de influencia del Distrito Federal, como Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz, Ecatepec de Morelos, Cuautitlán Izcalli, Chimalhuacán, Toluca y Lerma. Las actividades más importantes son la industria metálica, la industria alimentaria, la industria química, el papel, imprenta y editorial y en menor medida la industria textil.

Es reconocido que el proyecto del Sistema Lerma permitió la expansión de la Ciudad de México por arriba de la cota de 2,400 msnm, ya que anteriormente no se podía proporcionar el servicio de distribución de agua potable por falta de presión. La diferencia de altura entre el Valle de Toluca y el Valle de México terminó con esta limitación. No es ésta sin embargo la principal aportación del Sistema al crecimiento de la Ciudades de México y Toluca, lo más importante es el impulso que este acueducto dio al crecimiento económico del periodo de 1951 a 1970, basado en una expansión muy importante de la industria, apoyada, tanto en la Ciudad de México como en la Ciudad de Toluca, por este sistema de distribución de agua potable. Por otro lado, el desarrollo del corredor industrial Toluca-Lerma y la conformación del eje industrial entre Toluca y la Ciudad de México, tiene su origen en la potencialidad que le otorgaron a esta zona las excelentes comunicaciones y el suministro de servicios.

El proyecto del Sistema Lerma se acompañó de un cambio en el modelo de desarrollo económico de la zona del Alto Lerma, que pasó a definirse como industrial o de servicios y con actividades agrícolas especializadas, conserva todavía una zona de lagunas muy disminuida ya por la extracción de agua, los cambios de usos del suelo y la deforestación, que se encuentra comprendida dentro de la zona protegida de las Lagunas del Lerma.

El Sistema Lerma abasteció y abastece las áreas de mayor crecimiento industrial de este periodo y las áreas de mayor calidad de vida. Los municipios involucrados en el proyecto tienen los menores índices de marginación del Estado de México. Este Sistema fue fundamental en el periodo de industrialización de los años cincuenta, sesenta y setenta, y este impacto modernizador se observa en los altos índices de crecimiento económico del periodo -sin ser por supuesto el único factor-, en el mejoramiento de la escolaridad, salud y crecimiento económico de los municipios involucrados, que contaron con obras de mitigación que incluyeron la construcción de escuelas, centros de salud, viviendas, etc., así como los índices respectivos de la ciudad de México.

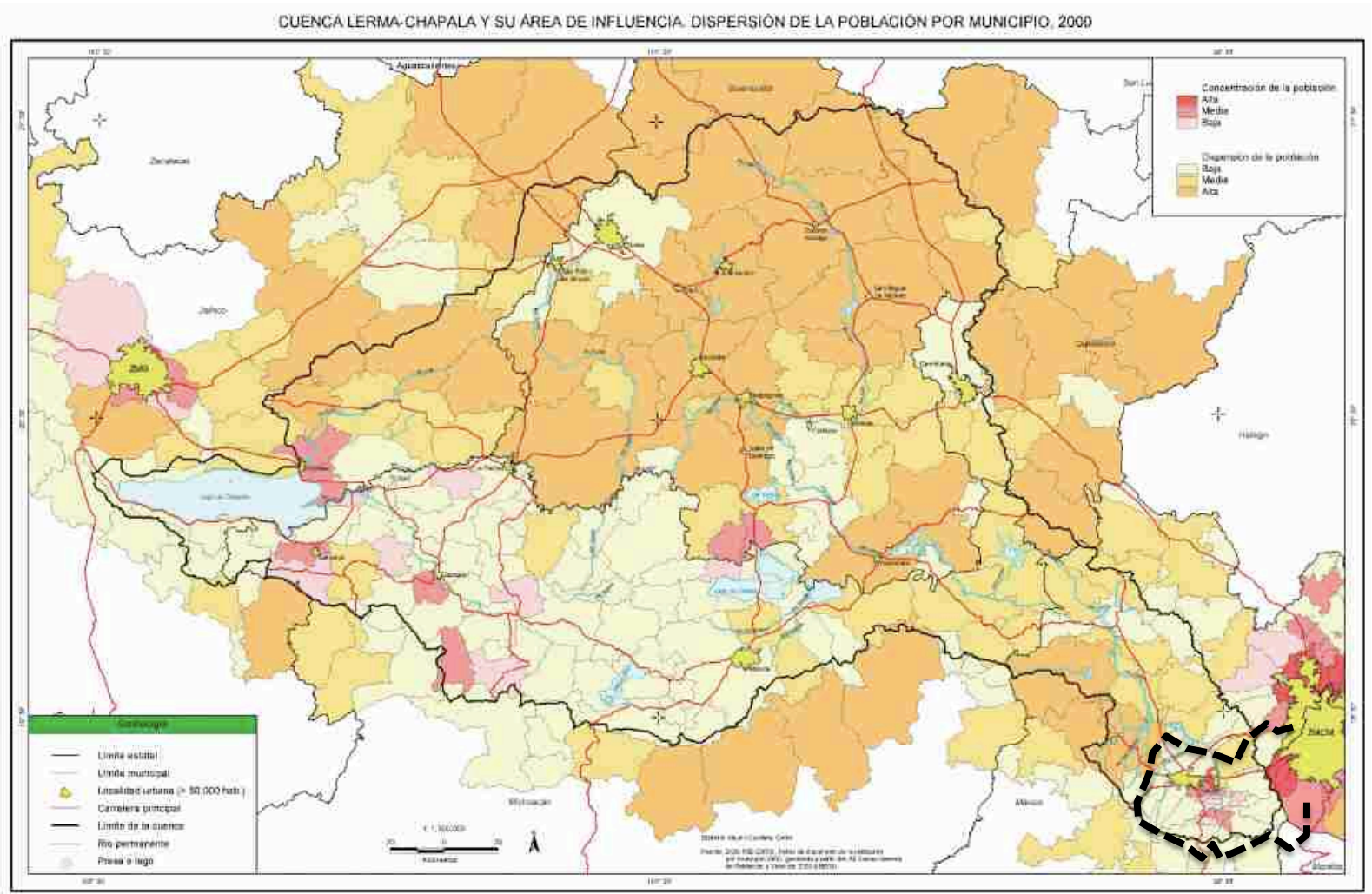


Figura 144. Cuenca Lerma- Chapala. Dispersión de la población por municipio. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, 2006

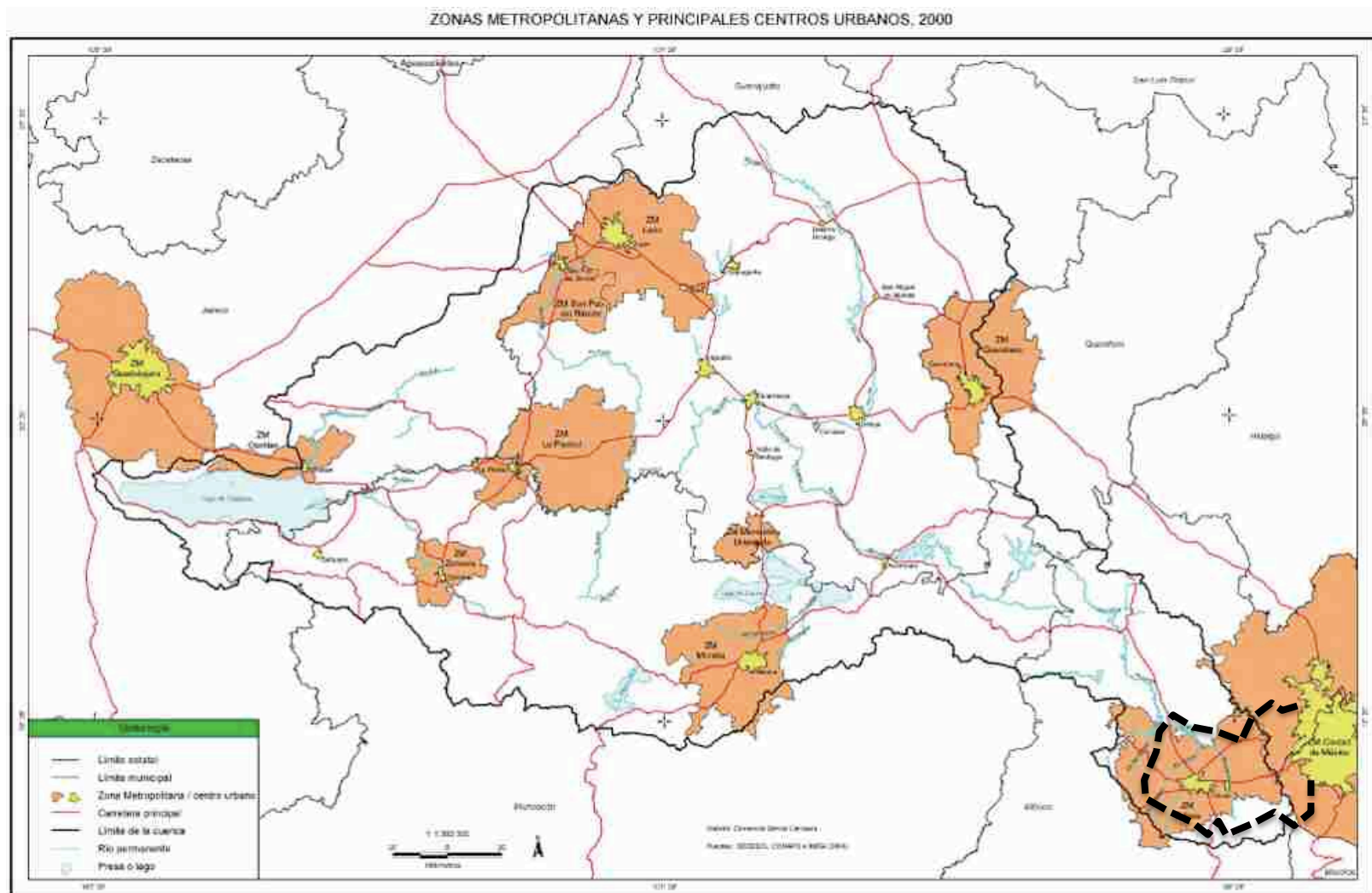


Figura 145. Zonas metropolitanas y principales centros urbanos en la Cuenca Lerma-Chapala. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, 2006

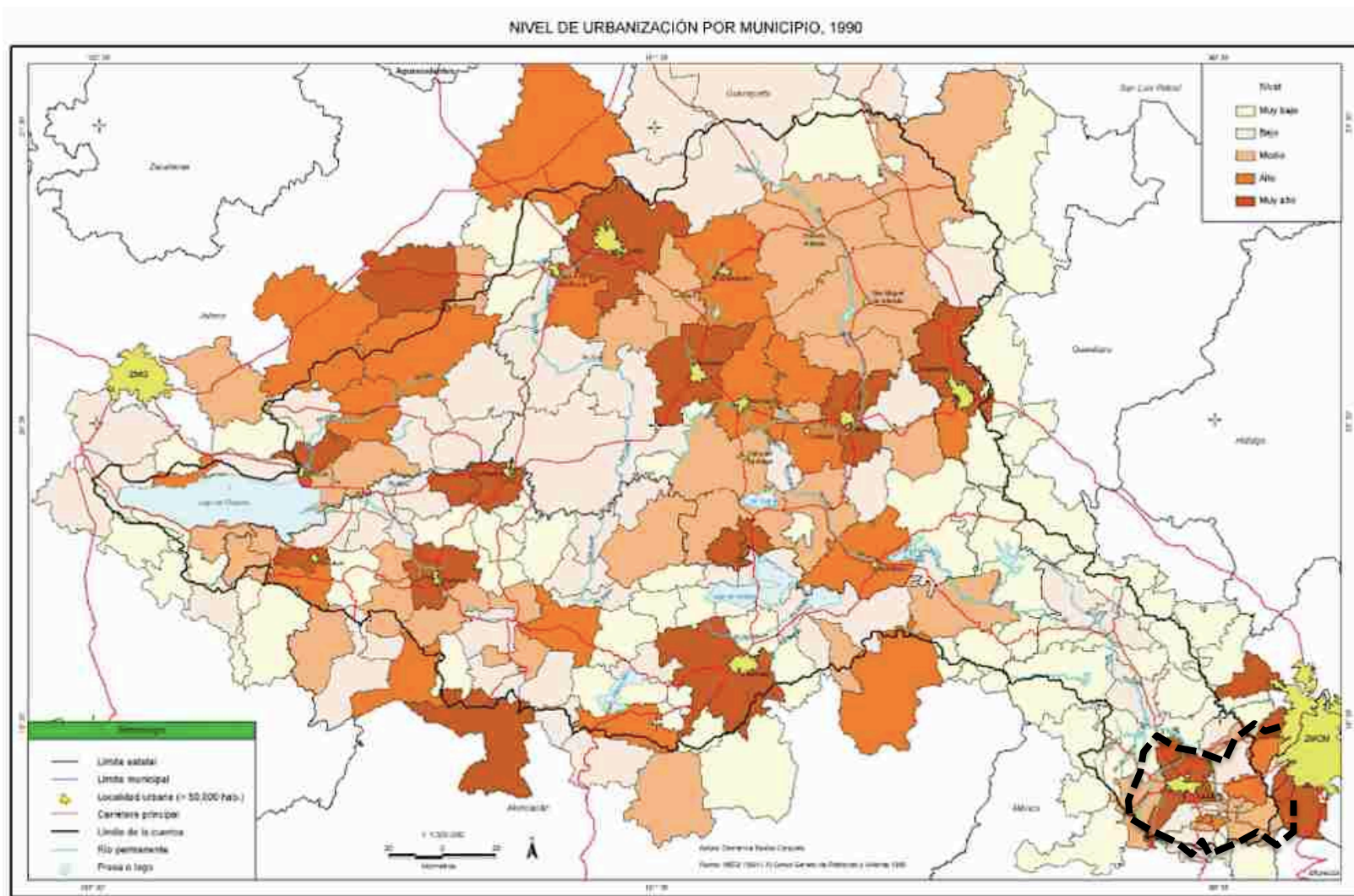


Figura 146. Cuenca Lerma- Chapala. Nivel de Urbanización por Municipio. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, 2006

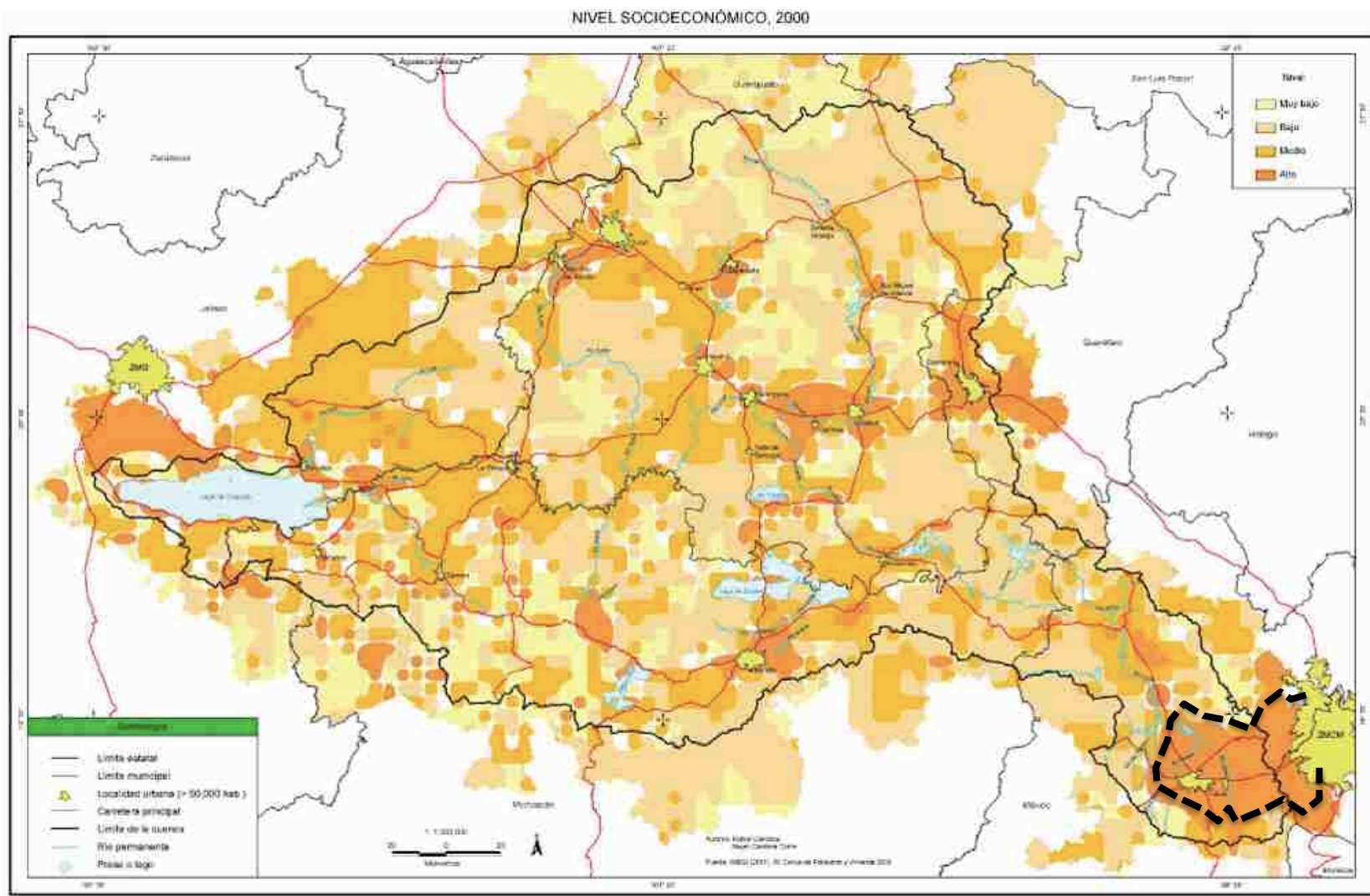


Figura 147. Cuenca Lerma- Chapala. Nivel socioeconómico. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, 2006

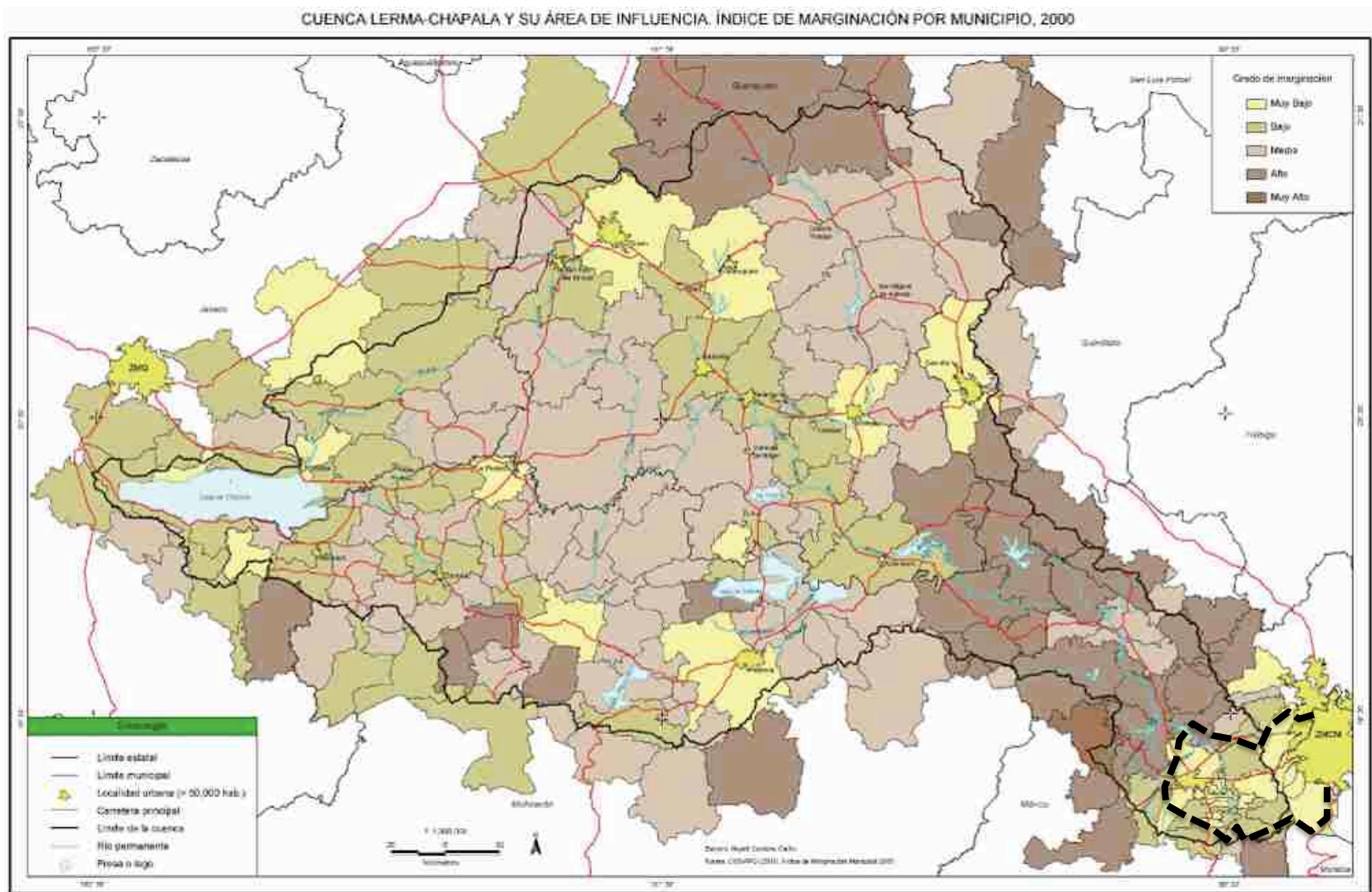


Figura 148. Cuenca Lerma- Chapala. Índice de marginación. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, 2006

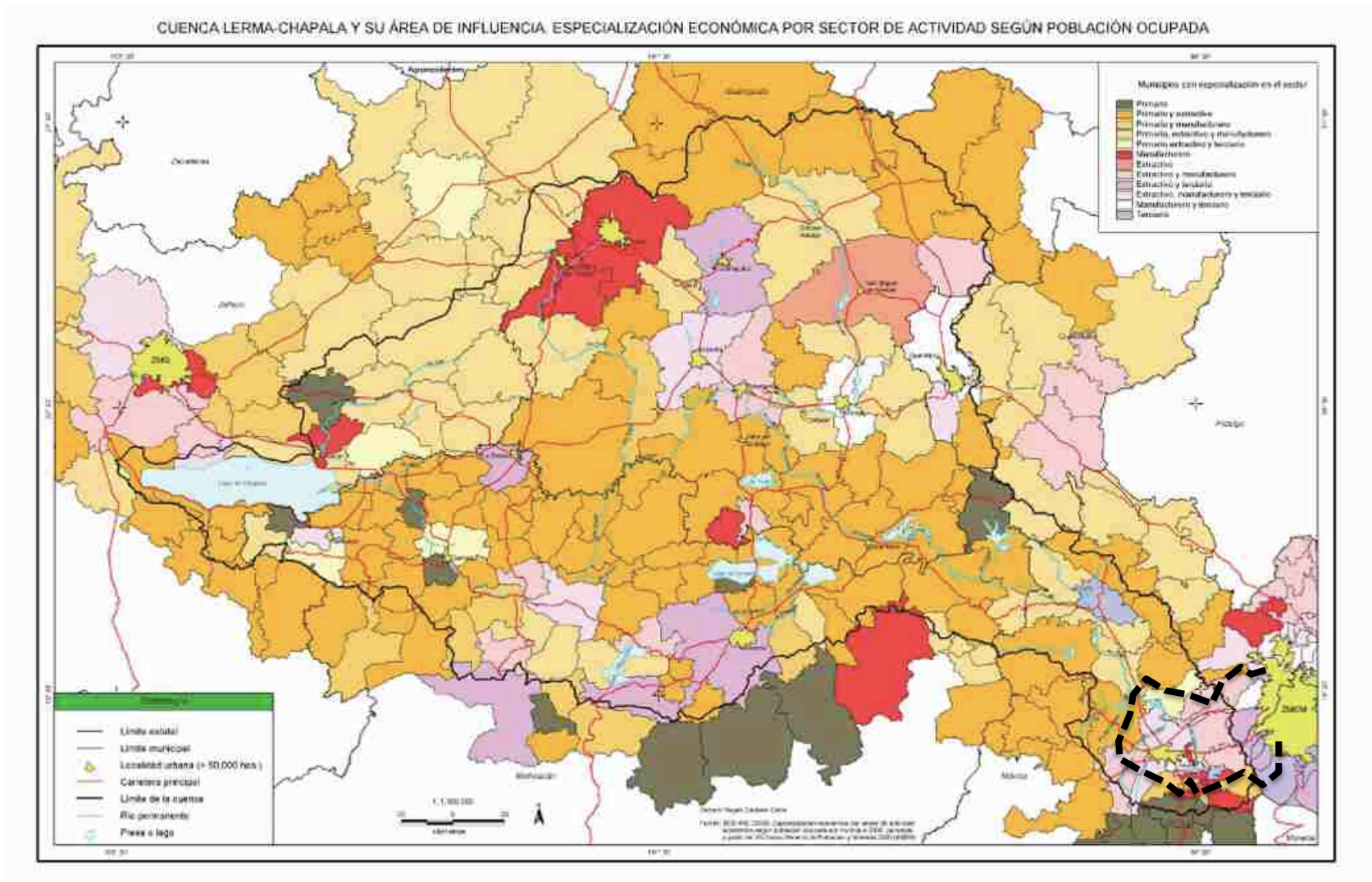


Figura 149. Cuenca Lerma- Chapala. Especialización económica por sector de actividad según población ocupada. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, 2006

Dentro de la Cuenca Lerma-Santiago se encuentran dos de las áreas urbanizadas más importantes del país, La Ciudad de México, en un proceso de conurbación con la ciudad de Toluca y el área metropolitana de la ciudad de Guadalajara.

La construcción del Sistema del Lerma, significó también un quiebre en el sistema medioambiental de la zona. Como se mencionó anteriormente, en el momento de iniciarse los trabajos ya existían fuertes indicios de afectación ecológica por la disminución de la capacidad de gasto de los manantiales, se determinó que la causa de esta disminución era la deforestación a que estaba sujeta la zona de estudio, este fenómeno no hizo más que profundizarse en las siguientes décadas, a esto se sumó la extracción de agua de los manantiales y la captación de agua de pozos de profundidad variable, entre 50 y 308 metro de profundidad⁵¹, desde la construcción del sistema.

La primera parte del sistema Lerma tardó diez años en construirse, en 1951 entran por primera vez las aguas del Lerma a la ciudad, a partir de 1953, la operación de los pozos afectó el caudal de los manantiales y se suspendieron las etapas planeadas posteriores. Para los años setenta, se presentó una crisis de agua en la ciudad de México que "... obligó a extraer más aguas del Lerma, agravando así la situación regional. En aquel entonces, la Secretaría de Recursos Hidráulicos y el Departamento del Distrito Federal inician los estudios para aumentar el caudal. Esta segunda etapa del sistema Lerma se llevó a cabo entre 1965 y 1975 por medio de la construcción de 250 pozos; el área de extracción se extendió hasta Ixtlahuaca y Jocotitlan." (Torres, 2014, p.73).

Las afectaciones al equilibrio de la cuenca hidrográfica tiene varios componentes, a la extracción de agua potable superficial y subterránea se sumaron factores sociales y culturales que dieron como resultado una deforestación muy marcada en la zona, utilización de tierras pantanosas para cultivo a través de su desecación, posteriormente muchas de estas nuevas áreas de cultivo sufrieron un cambio en el uso del suelo para integrarse al entorno urbano a través de urbanizaciones residenciales o como soporte de la industria. La construcción del sistema Lerma y la extracción de agua del subsuelo aunado a los otros factores, determinaron una modificación ecológica que conlleva la pérdida de fertilidad de los suelos, la incapacidad de recarga de los recursos subterráneos

⁵¹ "En esta etapa se efectuaron también las primeras captaciones de aguas subterráneas, al perforarse cinco pozos de entre 50 y 308 metro de profundidad". (Torres Bernardino, *La Gestión del Agua Potable en el Distrito Federal*, 2014, INAP, p.72)

y la modificación del paisaje. Y por último, el desagüe de aguas crudas sin tratamiento, tanto de las aguas residuales de carácter residencial como de las aguas industriales han generado un problema muy grave de contaminación de las aguas de la Cuenca del Lerma-Santiago. Actualmente el río Lerma no se considera una fuente de abastecimiento, por ser ocupado como drenaje, donde se descargan aguas residuales, tanto domésticas como industriales. Las principales actividades en Lerma son la industria y el comercio, en San Mateo Atarascuillo, la industria, la agricultura y el comercio, en San Pedro Tultepec son la agrícola, la industria y el comercio, en San Miguel Ameyalco el comercio, la industria y la agricultura. (INAFED-*Enciclopedia de Municipios y Delegaciones de México*, 2016)

Desde la construcción del sistema Lerma, las autoridades de la ciudad de México y del Estado de México han tenido una relación signada por los conflictos del agua. A lo largo de los años, el Departamento del Distrito Federal tuvo que continuar haciendo obras de compensación en los pueblos del Alto Lerma, para remediar el efecto de la extracción de agua.

La baja en el costo del acueducto determinó en los años 70 el inicio de los estudios para la construcción del sistema Cutzamala, que empezó a proporcionar agua a la ciudad en 1982. Los dos acueductos, el Sistema Lerma y el Sistema Cutzamala cubren actualmente una parte importante de los requerimientos de agua de la Zona Metropolitana de la ciudad de México y de la de Toluca y conforman uno de los sistemas de provisión de agua más grande del mundo. El 60% del agua del Sistema Lerma sirve para dar servicio a la ciudad de Toluca y a los municipios de la zona, el 40% va a la ciudad de México. Actualmente reciben agua del sistema Cutzamala, lo que ha creado un sistema de dependencia similar al de la ciudad de México.

Esquema Sistema Lerma. Huellas y Transformaciones

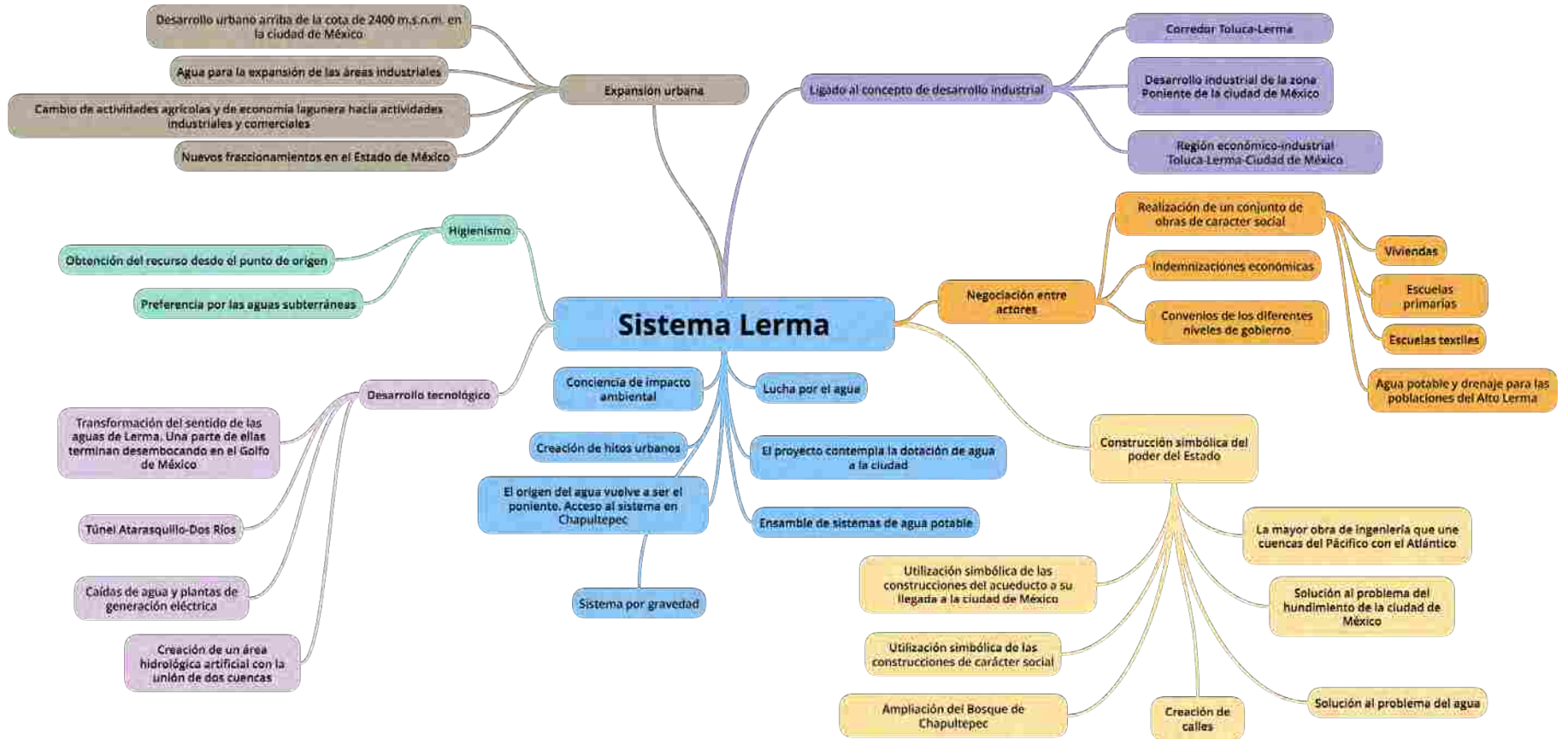


Figura 150. Esquema Resumen del Sistema Lerma

Esquema del Sistema Cutzamala-Lerma

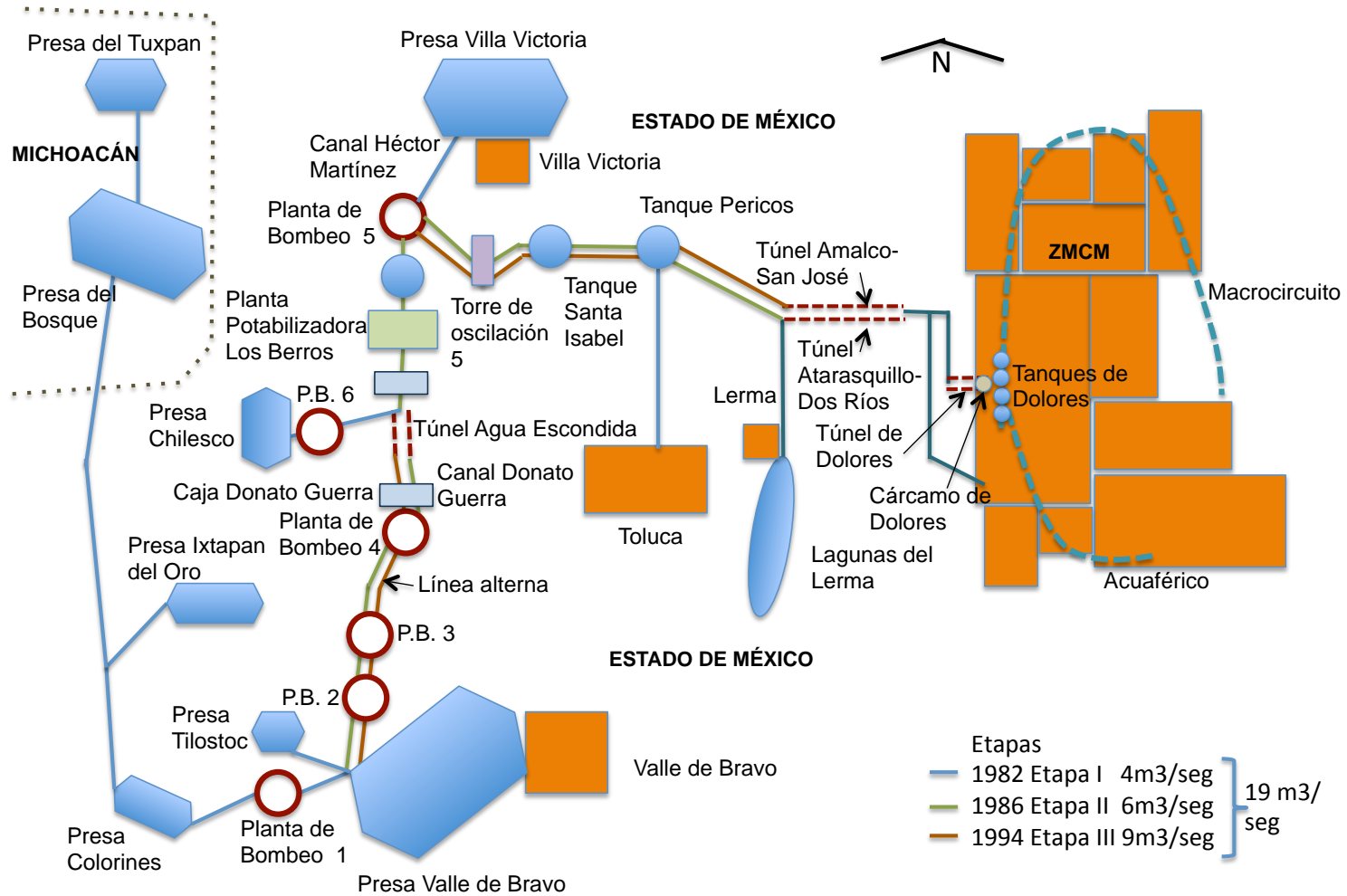


Figura 151. Esquema del Sistema Cutzamala-Lerma. Elaboración propia en base a: Organismo de la Cuenca del Valle de México. <http://cuencavalledemexico.com/wp-content/uploads/2010/06/Dist-agua-Sist-Cutz.jpg>

Tabla N° 28. Fuentes de Abastecimiento actual de la Ciudad de México, según datos del Gobierno del Distrito Federal.

Fuentes de Abastecimiento	Municipios de los que se traen los caudales	Caudal promedio de abastecimiento en 2008(m3/s)
Fuentes externas al Distrito Federal		
<i>Fuentes Operadas por la Gerencia de Aguas del Valle de México</i>		
Sistema Cutzamala	Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Donato Guerra, Villa de Allende, Villa Victoria, Almoloya de Juárez, Toluca, Estado de México.	9.575
Sistemas Barrios y Risco	Tultitlan, Cuautitlán, Tlalnepantla, Estado de México.	2.239
Sistema de Aguas del Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Valle de Chalco y La Paz, Estado de México.	0.382
SUBTOTAL		12.196
<i>Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>		
Sistema Lerma	Lerma, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Lorenzo Oyamel, Temoaya, Xonacatlan, Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Calpuhuac, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Joquicingo, San Pedro Techuchulco, Santa Cruz Atizapán y Santiago Tianguistenco, Estado de México.	3.832
Sistema Chiconautla	Ecatepec, Tecámac, Acolman, Estado de México.	1.402
SUBTOTAL		5.234
Fuentes ubicadas dentro del Distrito Federal		
<i>Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>		
Pozos a la Red Norte	Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Distrito Federal.	1.037
Pozos a la Red Centro	Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán, Distrito Federal.	2.037
Pozos a la Red Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Xochimilco, Distrito Federal.	7.853
Pozos a la Red Oriente	Iztacalco, Iztapalapa, Venustiano Carranza, Distrito Federal.	2.773
Pozos a la Red Poniente	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Tlalpan, Distrito Federal.	0.213
Río Magdalena	Magdalena Contreras, Distrito Federal.	0.203
Manantiales	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Distrito Federal.	0.792
SUBTOTAL		14.908
TOTAL AL D. F.		32.338

Fuente: http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=86%3Afuentes-de-abastecimiento&catid=57%3Aimpactos-en-la-vida-cotidiana&Itemid=415

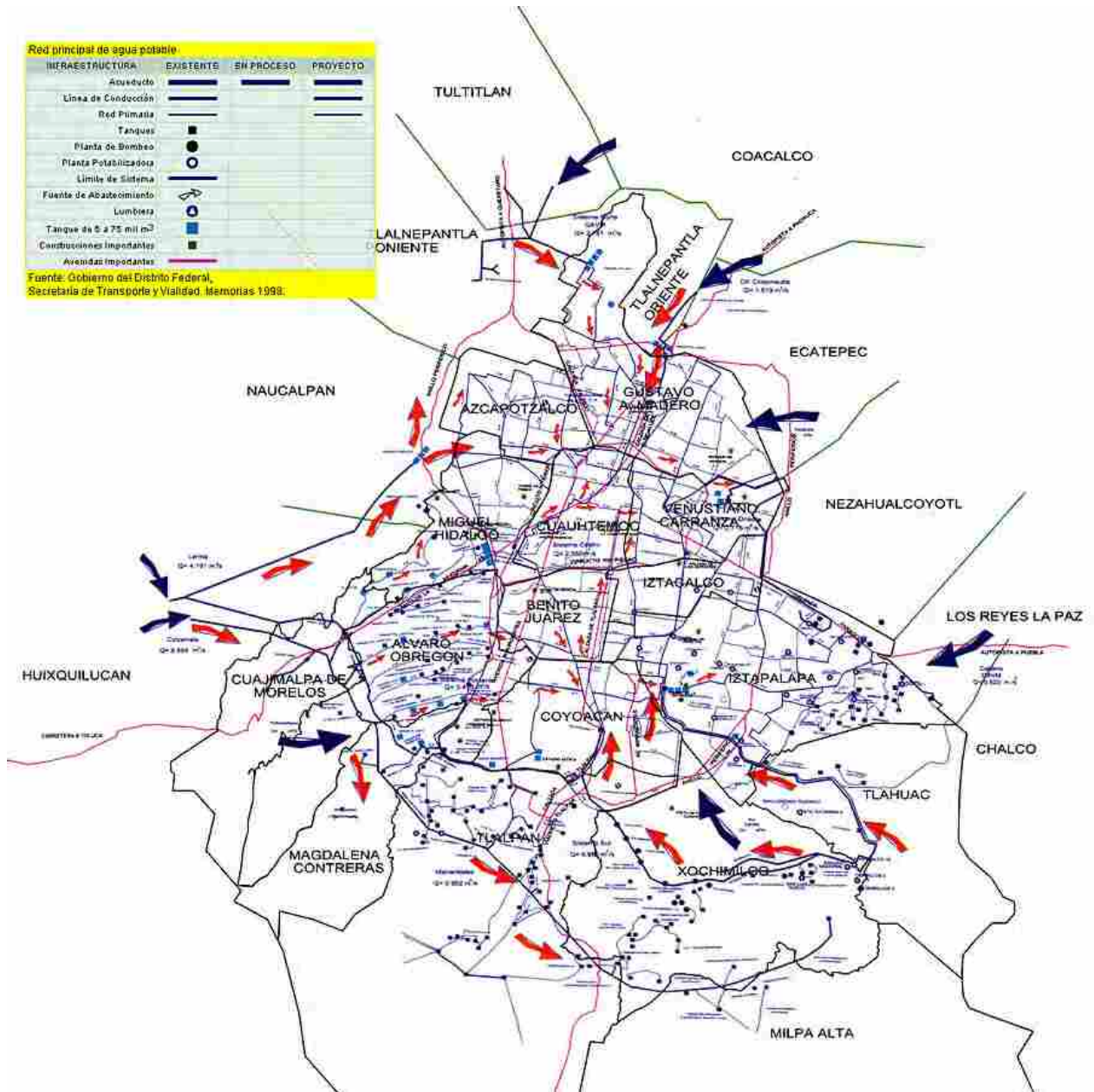


Figura 152. Infraestructura hidráulica existente en el Distrito Federal, 1998. Fuente: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Transporte y Vialidad, Memorias 1998.

Conclusiones.

Ciudad y territorio. Modernidad y permanencias urbanas.

Max Weber formuló la distinción fundamental entre la “ética de la intención” y la “ética de la responsabilidad”. La primera persigue el bien (tal como lo ve) y no tiene en cuenta las consecuencias. Aunque el mundo se hunda, la buena intención es lo único que vale. La ética de la responsabilidad, en cambio, tiene en cuenta las consecuencias de las acciones. Si las consecuencias son perjudiciales, debemos abstenernos de actuar. Es obvio que la moralidad debe contemplar ambas características. Sin buenas intenciones (las cosas que se hacen por deber, porque son buenas) la ética no existiría. Pero sin el control de las consecuencias, sin el control de los efectos, la ética de la intención sería autodestructiva.

Giovanni Sartori

La carrera hacia ninguna parte.

Diez lecciones sobre nuestra sociedad en peligro, Taurus, 2016

Ciudad y Territorio.

Los procesos de modernización de la ciudad ocurridos en el siglo XIX y XX, transformaron los procesos productivos, buscaron llevar a la sociedad en su conjunto un cierto número de mejoras urbanas que repercutieron en la salud, en la educación y en la cultura de sus habitantes. El crecimiento urbano del siglo XX, cuyas bases se encuentran en estas transformaciones terminó desbordando las ideas iniciales con consecuencias no previstas del desarrollo. Es quizá ahora el tiempo de repensar estos procesos para rescatar los elementos de modernidad que afianzan la búsqueda de la autocrítica y que permitirán entonces buscar las “cosas buenas que deben hacerse” para el bien de todos, y el control de las consecuencias más destructivas.

El acueducto de Xochimilco significó para la Ciudad de México la introducción de un sistema moderno de distribución de aguas, que garantizaba la calidad y pureza del agua, la comodidad y generalización del servicio -que llegó a colonias de diferentes estratos sociales-, y generó un

cambio fundamental en la percepción social sobre la dotación de agua, ya que este servicio pasó a ser un derecho de los ciudadanos. Este sistema se constituyó en una verdadera hazaña de la ingeniería y fue desarrollada por un equipo de ingenieros mexicanos y franceses, algunos de los cuales llegaron incluso a formar parte de los equipos que desarrollaron el siguiente sistema de provisión de agua potable de la Ciudad de México, el Sistema Lerma, como es el caso del Ing. Octavio Dubois.

El equipo de proyecto, a pesar del peso que ejercieron los sistemas de aguas construidos en las ciudades de los Estados Unidos, tanto en los estudios como en el análisis de la tecnología, denota la fuerte influencia que tuvo la ingeniería francesa en México desde mediados del siglo XIX y especialmente en el gobierno de Porfirio Díaz.

La realización de esta obra pública, con marcados elementos de influencia francesa también en la arquitectura, reflejó la ambición del régimen de consolidar un Estado Nacional, que tradujo al lenguaje arquitectónico un discurso de poder legitimado a través de la idea de una nación moderna, perteneciente a un conjunto de naciones occidentales civilizadas. Pero es necesario remarcar que esta idea de modernidad urbana está ligada a los procesos de cambio económico que se desarrollaban en el país, aumento de las comunicaciones (ferrocarriles, transporte público, estaciones y puertos), aumento de las exportaciones (minerales, agropecuarias, textiles), mejoramiento de los servicios y de la salud, no es simplemente un proceso de embellecimiento urbano, es el desarrollo de una multitud de obras que son la base de una profunda transformación económica.

Fue también, para una gran mayoría de la población el inicio del uso dentro de la vivienda del servicio de agua, el impacto del cambio puede apreciarse al revisar las revistas de época, donde se multiplicaron los anuncios de muebles y elementos para el baño, llaves, jabones, etc. También en el surgimiento, desde 1907, de una serie de baños públicos en la ciudad de México, que permitían el baño diario y baño de vapor y masajes tanto a sectores populares como a las clases media y alta; con la incorporación del servicio a la vivienda individual, el uso de estos baños públicos comenzó a disminuir notablemente a partir de la década de los años cuarenta.

El proceso de transformación del ciclo del agua urbana estuvo muy relacionado al concepto de higienismo, pero como en la construcción de otros acueductos los proyectos tuvieron una visión mucho más compleja, que correspondió a una necesidad del desarrollo urbano. No existen

apartados específicos en el proyecto de Xochimilco sobre las necesidades de agua de la industria, ésta fue considerada dentro de los supuesto de los requerimientos comerciales y en la determinación de los manantiales y ríos a utilizar, ya que se desecharon varias de las opciones porque eran aprovechadas por la industria, como es el caso del río Magdalena, el río Hondo y el río de Tlalnepantla, además de las consideraciones sobre la contaminación de las aguas y la energía eléctrica que se producía en sus cauces. Desde el punto de vista productivo y urbano, la opción de utilizar los manantiales de Xochimilco, marca la incorporación de una serie de recursos acuíferos, que aumentarán los caudales dirigidos a las áreas existentes de la ciudad y que preservarán para ese fin, los recursos que en ese momento se utilizaban en la producción.

La intención explicitada en el proyecto de la red de distribución, de otorgar agua de manera homogénea a toda la ciudad que en ese momento se encuentra consolidada se aprecia en el plano de la red la distribución incorporado al proyecto aprobado en 1901. En el plano de proyecto, aprobado por Porfirio Díaz, se puede ver que la red de distribución no tenía circuitos planteados sobre las nuevas colonias de la Juárez, Condesa y Cuauhtémoc, es posible afirmar entonces que el sistema de distribución fue proyectado para cubrir a la ciudad central de manera homogénea con la posibilidad de crecimientos posteriores que cubrirían a las colonias surgidas desde 1860: Santa María la Ribera, que tenía un circuito que conectaba con la Av. San Cosme y planteado otro para el crecimiento hacia el norte, la colonia Roma Norte, la colonia Doctores y la Obrera.

No obstante, al analizar el plano de 1914, con la construcción de la red hasta 1913, puede observarse que se cubrieron primero circuitos en la colonia Condesa y los de los barrios de Roma Sur y una parte de la Doctores y la Obrera estaban sin terminar. Por otro lado, la ciudad en las siguientes décadas presentara un crecimiento extensivo y no intensivo, con una baja densidad de construcción, lo que hará muy costosa la dotación de infraestructuras. A lo largo de estos años se verá en la ciudad que el crecimiento urbano se sostendrá a través de la construcción de pozos artesianos que fragmentarán el sistema de agua potable en una serie de subsistemas sin comunicación entre ellos. La proliferación de pozos y la extracción de agua del subsuelo se consolidará como el elemento fundamental de la expansión urbana hasta que en los años cuarenta se identificará como causa mayor del hundimiento de la ciudad, con las consecuencias que este fenómeno presenta sobre las fracturas del sistema de drenaje y agua potable, sobre la estabilidad de los edificios y el incremento de las inundaciones.

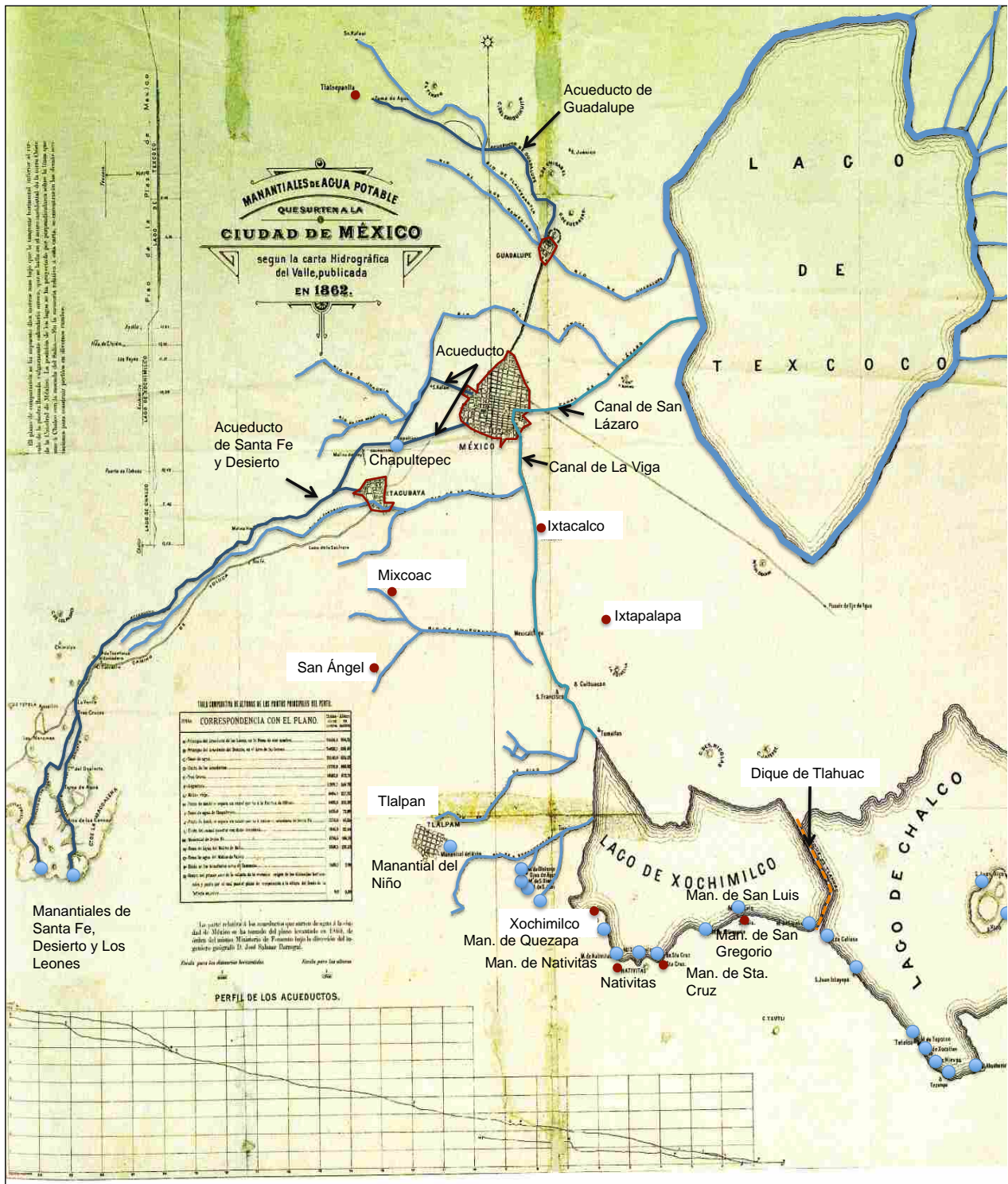


Figura 153. Hidráulica de la cuenca del Valle de México, dentro del área de influencia de la Ciudad de México, elaboración propia sobre un plano de 1862, Manantiales de agua potable que surten a la Ciudad de México, Mapoteca Orozco y Berra. Colección General.

El impacto económico y de calidad de vida sobre los habitantes de la Ciudad de México del Acueducto de Xochimilco, puede evaluarse con el número de litros diarios por habitante que se consideró adecuado para surtir a la ciudad, que pasó de 30 a 200 litros. La importancia del acueducto puede medirse en varios aspectos, pese a las dificultades que padeció la ciudad de México con el cambio de gobierno y el estallido de la Revolución, el acueducto se siguió construyendo y reparando durante estos años.

El crecimiento de la demanda de agua en todos los sectores sociales puede observarse a través del estudio del accidente de 1922, cuando un error humano inundó las bombas de la Condesa que quedaron inutilizables. La ciudad permaneció más de veinte días sin agua y las protestas se generalizaron en todos los barrios. El impacto de la falta de agua fue tan importante, que éste está considerado como uno de los factores que se utilizó en la transformación política que llevó a la pérdida de la autonomía del Ayuntamiento de México, manejado dentro de los problemas políticos de jurisdicción entre el Ayuntamiento, el Gobernador del Distrito Federal y el Gobierno Federal (Rodríguez Kuri, 2005).

La utilización de nuevas tecnologías permitió en el acueducto de Xochimilco, un cambio en el sistema constructivo del servicio del agua, de un sistema de gravedad a un sistema impulsado por energía eléctrica y bombas. Esto último dio como resultado que pudieran evaluarse para la dotación de agua potable manantiales en el Valle de México que habían sido desestimados en estudios anteriores, como es el caso de los manantiales de Xochimilco y Chalco.

El Ing. Marroquín valoró como más conveniente la obtención del agua desde el origen, lo que garantizaba su potabilidad, esto hizo que todas las opciones se volvieran más costosas que si se hubiera optado por un sistema de filtrado y potabilización. Sin embargo, esta opción era congruente con el grado de desarrollo tecnológico de México en ese momento y permitía la certeza de estar proporcionando agua completamente pura a la población.

El descubrimiento de los depósitos naturales de los manantiales del sur, que llevó a pensar que era posible contar con agua de forma infinita, transformó completamente el patrón de desarrollo del servicio de agua potable, del poniente al sur, la dotación de la ciudad de México estuvo históricamente localizada en el poniente, primero en Chapultepec y después en una serie de manantiales que tenían su origen en la sierra de las Cruces, ya que por sus características geográficas y geomorfológicas poseía múltiples ríos y arroyos, que conformaron los sistemas de Santa fe y Desierto de los Leones y que permitían siguiendo la topografía hacer descender el

agua hacia la ciudad. Es factible suponer que esta fuerte presencia simbólica del agua haya influido en la nueva conformación del sistema de Xochimilco, además de las consideraciones técnicas explicadas anteriormente.

La construcción del acueducto, a lo largo de la orilla del lago, determinó que muy rápidamente éste se viera afectado por los hundimientos, con la consiguiente pérdida de presión y fugas de agua, casi desde el inicio del servicio fue necesario realizar reparaciones por los asentamientos. Los problemas constructivos y la disminución del gasto de agua de los manantiales determinaron la obsolescencia del sistema en el transcurso de las siguientes dos décadas.

El acueducto de Xochimilco, sumado a las obras de saneamiento (infraestructura de drenaje y desecación de ciénagas), constituyen la base de la expansión de la ciudad, y la conformación de la misma como un sistema urbano moderno. Esta modernización de la ciudad, estableció una nueva relación entre la ciudad y su entorno natural, donde se produjo una diferenciación cada vez más clara entre el sistema urbano y el natural y la subordinación de este último al primero; el sistema urbano se impuso además, a través de estas infraestructuras, a un territorio natural mucho más vasto, que integra los recursos hídricos de los manantiales del sur y de los establecimientos industriales y varios de los manantiales estudiados, que se irán incorporando a partir de este proyecto al *hinterland* de la ciudad de México.

La utilización de los manantiales de Xochimilco presenta una diferencia importante con las intervenciones anteriores sobre el territorio para solucionar el problema del agua: para la incorporación de los manantiales de Santa Fe y Desierto la ciudad adquirió los manantiales y el bosque circundante, de forma de garantizar la conservación de los ojos de agua. En el caso de Xochimilco, la utilización de los manantiales muestra un uso más intensivo y más apoyado en el desarrollo tecnológico, la confianza en la capacidad del sistema de la alimentación de la Cuenca Sur y el depósito subterráneo llevó a minimizar los impactos sobre el Lago de Xochimilco. Al mismo tiempo, el proyecto liberal de "orden y progreso" priorizó el crecimiento de la agricultura y el saneamiento de las áreas urbanas, sobre la conservación del entorno natural.

Es verdad por otro lado, y varios estudiosos lo han analizado, que el acueducto tuvo un impacto ecológico muy fuerte sobre la zona de Xochimilco, por la sobre-explotación de los manantiales, aunque esta sobre-explotación no es la única causa de los problemas del área, porque como se observa ya en las descripciones de 1901, el uso agrícola presionaba fuertemente la superficie de los lagos.

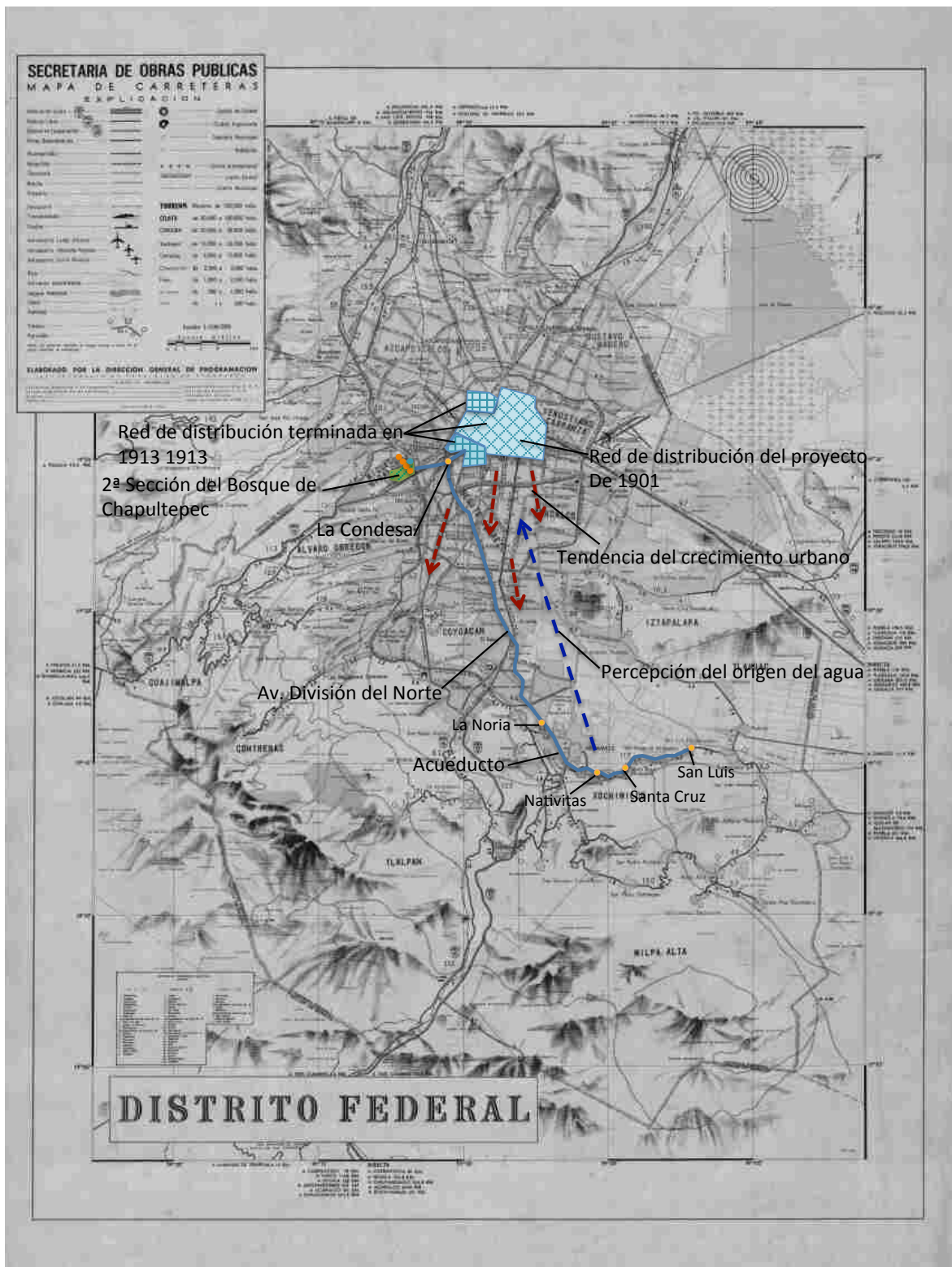


Figura 154. Esquema de Huella Urbana del Acueducto de Xochimilco, elaboración propia sobre un plano de SOP, 1973

En el proceso de la construcción del acueducto, se observa ya una disminución de los caudales con respecto a mediciones anteriores, lo que puede tener que ver con varios factores que se dieron simultáneamente, las obras para desecar y “concentrar” áreas extensas de los lagos de Xochimilco y Chalco; la ampliación del sistema de drenaje que profundizó la pérdida de superficie del lago de Texcoco, el incremento de la población tanto en la ciudad de México como en los pueblos y municipios del valle y los procesos de deforestación asociados al uso industrializado de la madera, al crecimiento de la frontera agrícola-ganadera y al descuido sobre el mantenimiento de los bosques.

El acueducto de Xochimilco generó la incorporación de diversos elementos a la morfología urbana, por un lado, con la creación de hitos urbanos, como las casas de bomba, que marcaron la importancia de esta obra en los puntos principales de abasto y en la llegada a la ciudad de México, el acueducto general, con sus chimeneas, marco una trayectoria urbana recogida posteriormente en la avenida hoy conocida como División del Norte y en la avenida Alfonso Reyes, que remataba en la casa de bombas de la Condesa.

El canal que permitiría el desagüe del acueducto en caso de desborde con el canal de la Viga y San Lázaro, se constituyó en una de las diagonales que puede apreciarse en la traza urbana de la colonia Doctores. En Chapultepec, la construcción del sistema de depósitos incorporó 60 hectáreas al Bosque.

El impacto mayor es quizá la transformación social sobre los usos del agua en la vivienda y la incorporación de prácticas higiénicas privadas, que fue tan rápidamente asimilado por la población de la ciudad que en 1922 se consideraba una vergüenza el hecho de que las clases medias tuvieran que ir a buscar el agua a alguno de los establecimientos industriales que pudieron proporcionarla (Rodríguez Kuri, 2005).

Contrariamente a lo que pueda pensarse, la Revolución no desarticuló los equipos de ingenieros que se ocuparon de los sistemas de aprovisionamiento de agua potable en la ciudad de México, donde algunos de los avances obtenidos con el desarrollo del Acueducto de Xochimilco y la construcción de pozos artesianos fueron la base que permitió sobrepasar a mediados de siglo las limitaciones tecnológicas que habían impedido obtener el agua de los manantiales del Lerma en el periodo porfirista.

A pesar de haber desarrollado un sistema de distribución por red, con uno de los conceptos más modernos de principios de siglo, el tipo de expansión del tejido urbano de la ciudad de México, de carácter fragmentario y disperso, determinó que muchos de los nuevos crecimientos recibieran agua a través de pozos artesianos, que fueron considerados una solución mucho más económica y segura que la expansión del sistema de distribución del Acueducto de Xochimilco. Es así como el sistema de abasto de la ciudad quedó constituido en la década de los treinta por varios subsistemas:

- I. **Sistema de aprovisionamiento de Xochimilco.** Acueducto de Xochimilco y a partir de 1938 se suman los manantiales de Xotepingo.
- II. **Sistemas de aprovisionamiento de la región del Suroeste del Valle de México.** Manantiales de las Cruces para dar agua a una parte de Tacubaya, Mixcoac, Álvaro Obregón y La Magdalena.
- III. **Sistemas de abastecimiento de la región Noroeste del Valle de México.** Aguas de la zona de Tlalnepantla y Gustavo A. Madero.
- IV. **Sistemas de aprovechamiento de la región Sur.** Manantiales del Ajusco y Monte Alegre, para los pueblos desde el Ajusco hasta Milpa Alta.
- V. **Sistemas de aprovisionamiento por medio de Pozos Artesianos.** Situados en las áreas centrales y en zonas alejadas de la red de distribución. Los que se encontraban en las áreas centrales se sumaban al agua del Acueducto de Xochimilco para conservar la presión.

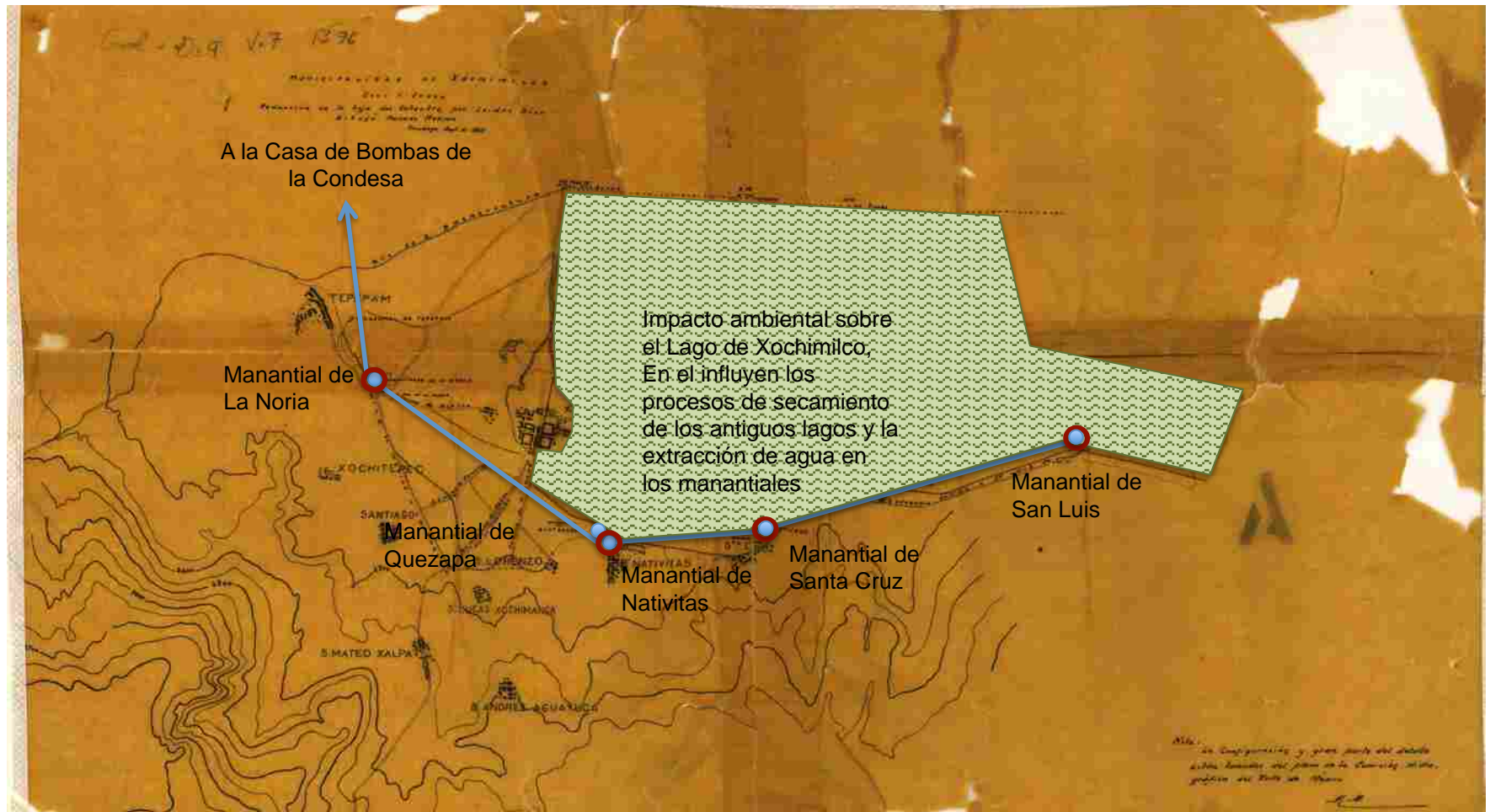


Figura 155. Impacto de la utilización de los manantiales del área de Xochimilco, elaboración propia sobre un plano de 1915

En la década de los cuarenta, el reconocimiento de que la explotación de los pozos artesianos estaba causando el hundimiento de una buena parte de las áreas centrales de la ciudad, llevó a considerar la construcción de un nuevo sistema que llevara agua desde los manantiales del Alto Lerma a la ciudad de México.

Este proyecto, estudiado con anterioridad por Marroquín en 1901, fue considerado menos viable que el de Xochimilco en su momento. A pesar de que la idea de la construcción de un gran túnel que atravesara la sierra de las Cruces ya estaba presente, la solución ideada por Marroquí se basaba en un conjunto de bombas eléctricas que elevaban el agua hasta la cima de la sierra para de ahí generar una serie de caídas hasta la ciudad. Es posible pensar a raíz de este proyecto, que los ingenieros mexicanos se enfrentaron a un verdadero límite tecnológico que les impidió concretar la idea de este acueducto dentro de una solución técnica adecuada, ya que la serie de bombas proyectadas hicieron tan caro el acueducto que esta opción fue desechada.

La opción técnica que finalmente fue edificada en Lerma fue el túnel Atarasquillo –Dos Ríos, de 14 kilómetros de longitud, que perfora la Sierra de las Cruces, cambia el sentido de la dirección de las aguas de la cuenca del Alto Lerma, que se dirigían hacia Chapala para desaguar finalmente en el océano Pacífico, derivándola hacia la ciudad de México y a través del sistema de drenaje hacia el Golfo de México. Es importante destacar que la solución del Sistema Lerma retoma la utilización de canales subterráneos y pozos artesianos en las orillas de las lagunas, lo que permitió extraer el agua en toda su pureza, pero a través de un sistema que se encontraba ya cuestionado por sus efectos en la ciudad de México.

Desde el punto de vista tecnológico, el Acueducto de Xochimilco significó un quiebre importante en la dinámica del servicio de aguas, con cambios fundamentales en la construcción y la utilización de tecnología. Del Sistema Lerma lo más destacado es la construcción del túnel Atarasquillo – Dos Ríos y la transformación de la cuenca del Lerma en una cuenca que desagua en dos vertientes: Pacífico (natural) y Golfo de México (artificial), ya que la concepción general del acueducto, la utilización de tecnología es muy semejante a la de Xochimilco, habrá que esperar al Sistema Cutzamala para que un sistema de presas fuera integrado al abasto de agua de la ciudad.

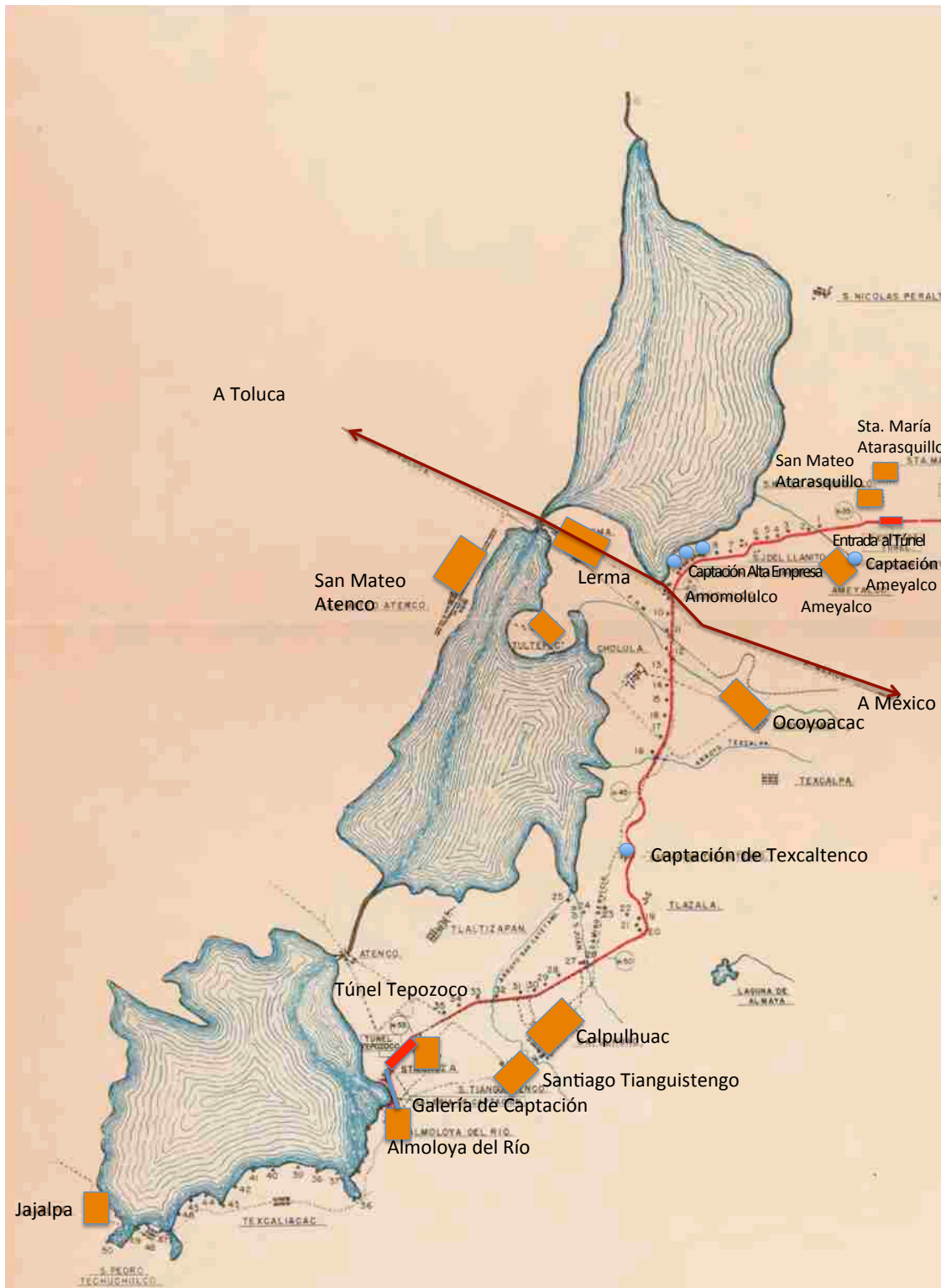


Figura 156. Captaciones del Acueducto en la zona del Alto Lerma, elaboración propia sobre el plano del Sistema Lerma

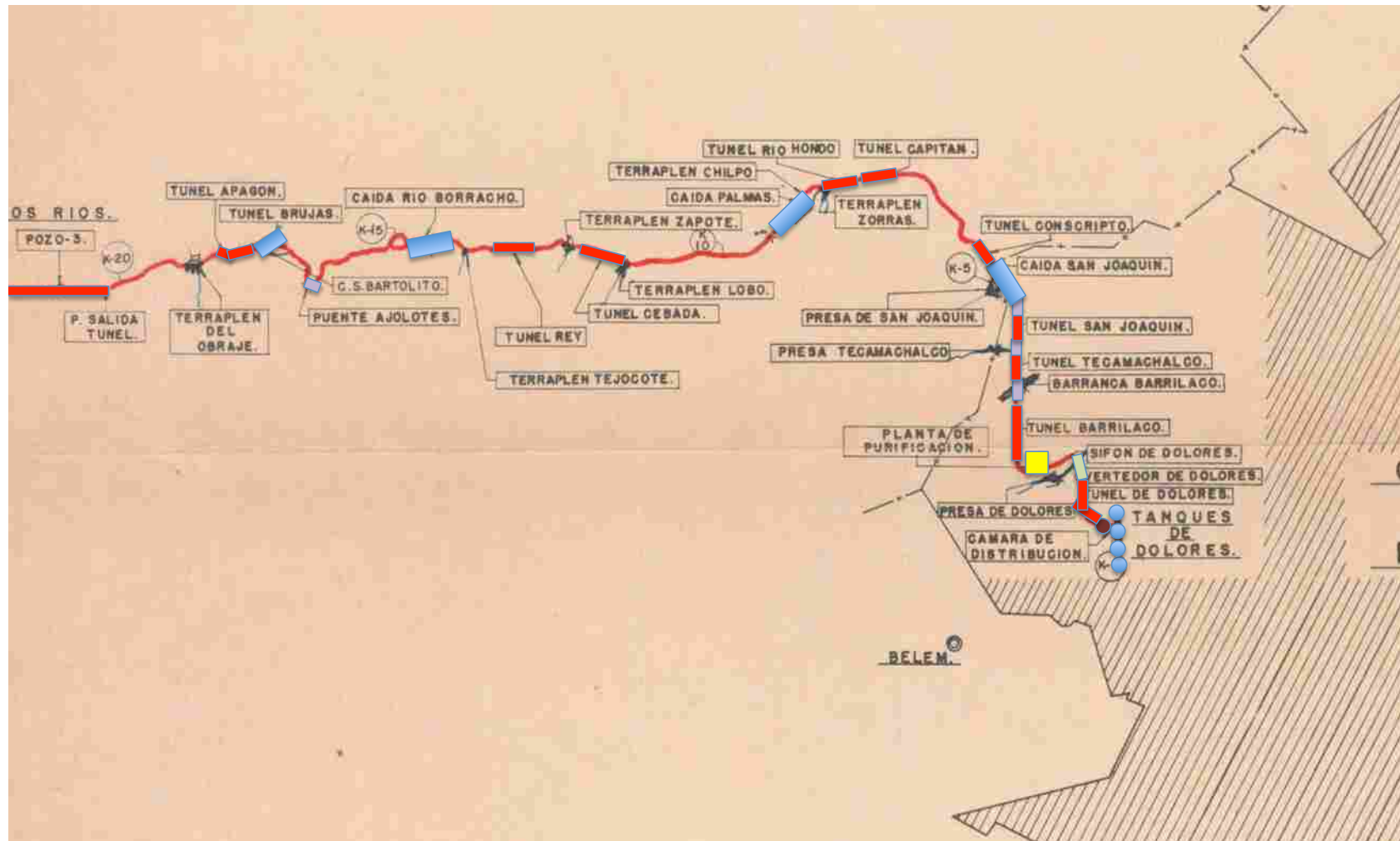


Figura 157. Llegada del Sistema Lerma, elaboración propia sobre el plano del Sistema Lerma

El proyecto del Sistema Lerma se acompañó de un cambio en el modelo de desarrollo económico de la zona, que pasó a definirse como industrial o de servicios y con actividades agrícolas especializadas con moderna tecnología. Es esta una de las primeras veces en que vemos explícitamente el discurso de la modernización industrial del México rural, ligado al mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones de la zona.

Desde el punto de vista de la expansión urbana, el Sistema Lerma permitió el crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México por arriba de la cota de 2,400 msnm. No es ésta sin embargo la principal aportación del Sistema al crecimiento de la Ciudades de México y Toluca, lo más importante es el impulso que este acueducto dio al crecimiento económico del periodo de 1951 a 1970, basado en una expansión muy importante de la industria de sustitución de importaciones, apoyada, tanto en la Ciudad de México como en la Ciudad de Toluca, por este sistema de distribución de agua potable. Por otro lado, la conformación del eje industrial entre Toluca, Lerma y la Ciudad de México, tiene su origen en la potencialidad que le otorgaron a esta zona las excelentes comunicaciones, el suministro de servicios y la abundancia de agua.

Este sistema fue fundamental en el periodo de industrialización de los años cincuenta, sesenta y setenta, y este impacto modernizador se observa en los altos índices de crecimiento económico del periodo -sin ser por supuesto el único factor-, en el mejoramiento de la escolaridad, salud y crecimiento económico de los municipios involucrados, que contaron con obras de mitigación que incluyeron la construcción de escuelas, centros de salud, viviendas, etc., así como los índices respectivos en la Ciudad de México. Las obras de compensación son quizá, desde el punto de vista del desarrollo muy limitadas si se contraponen a los impactos ambientales que sufrió la zona, pero demuestran que las negociaciones entre los municipios, el gobierno del Estado de México, el Departamento del Distrito Federal y el Ejecutivo Federal iniciaron un periodo de confrontación por los recursos del agua que alcanzó un cierto nivel de negociación en lugar de una llana imposición, en un momento donde la consolidación del Estado Nacional fue decididamente autoritario.

La construcción del Sistema del Lerma, significó también un quiebre en el sistema medioambiental de la zona, como en el caso de Xochimilco. Al inicio de los trabajos ya existían indicios de afectación ecológica por la disminución de la capacidad de gasto de los manantiales. En aquel momento se determinó que la causa de esta disminución era la deforestación a que estaba sujeta la zona de estudio, este fenómeno no hizo más que profundizarse en las

siguientes décadas, sumado a la ocupación de terrenos para usos industriales y al desecamiento de las lagunas para usos agrícolas y ganaderos. Por esto, el caudal dirigido a la Ciudad de México fue disminuyendo su importancia y para los años 70 fue necesario incorporar nuevos manantiales con el proyecto Cutzamala, que pasó a dar servicio también a esta zona del Estado de México. La sobre-explotación de las aguas subterráneas en la zona del Lerma generó hundimientos en la zona de manantiales, agrietamientos del terreno y disminución de los caudales.

Dentro de la Cuenca Lerma-Santiago se encuentran dos de las áreas urbanizadas más importantes del país, La Ciudad de México, en un proceso de conurbación con la ciudad de Toluca y el área metropolitana de la ciudad de Guadalajara, esto ha llevado a una sobre-explotación de esta cuenca, que además ha incorporado el desagüe de aguas crudas sin tratamiento, tanto de las aguas residuales de carácter residencial como de las aguas industriales al río Lerma, lo que ha generado un problema muy grave de contaminación de las aguas de esta cuenca.

En los últimos años, la mayor sensibilidad ante los problemas ecológicos derivados del desarrollo ha configurado un enfoque muy negativo sobre las consecuencias que la construcción de cada uno de los acueductos tuvo sobre el medio ambiente en la zona de los manantiales de origen. La visión del impacto ambiental generado en estas áreas permea casi todos los análisis e investigaciones sobre los acueductos. A pesar de esto, la Ciudad de México y cualquier otra ciudad del mundo tiene una relación ambivalente sobre el tema, la ciudad no puede vivir sin agua, en una estrecha simbiosis con su entorno, la respuesta técnica en cada uno de los casos analizados muestra que existía la conciencia de que había que preservar las fuentes de origen a través del cuidado de las áreas boscosas, cosa que fue posible hacer durante 400 años en el caso de los acueductos de Chapultepec y Santa Fe.

Muestra también, tanto en Xochimilco como en Lerma, que los manantiales ya estaban en proceso de disminución del gasto de agua por fenómenos de deforestación, que tenía dos orígenes, el uso de la madera en actividades industriales –madera para construcción, muebles, papel y combustible-, y domiciliarios –combustible para cocinas, calentar el agua del baño y calefaccionar las viviendas-, y la expansión de la frontera agrícola y ganadera.

Los proyectos de desecamiento de las lagunas, constituyen uno de los motivos principales de los cambios ambientales de las dos cuencas hidrológicas, mientras por un lado en los años

cuarenta se hacían obras para la contención y disminución de la superficie del Lago de Texcoco, se hicieron necesarias obras para llevar agua al lago de Xochimilco. Al mismo tiempo que se iniciaban las obras del acueducto del Sistema Lerma se realizaban las de desecamiento de una cantidad significativa de hectáreas de las lagunas del Lerma para liberar terrenos para la agricultura y la ganadería. La visión de los dos equipos técnicos de la época, fragmento el conocimiento hidráulico de las dos cuencas, separando las modificaciones que se realizaban en el secamiento de las lagunas del funcionamiento hidráulico completo de las cuencas naturales.

Es claro el origen multifactorial del proceso de secamiento de los manantiales, pero el discurso ambientalista ha tendido a demonizar a las ciudades, y sus procesos de desarrollo productivo como el origen del mal que impactó en estas zonas, sin matizar los aspectos positivos de los sistemas de distribución de agua . Al mismo tiempo ha generado un discurso simplificador sobre el maltrato a las poblaciones rurales en el caso de estos dos acueductos, sin embargo, las memorias de los proyectos muestran el desarrollo de negociaciones para dotar de agua potable a los pueblos, en el caso de Xochimilco; y para abastecer de agua, hacer cloacas, viviendas, dotar de equipamiento educativo, educativo-industrial y de salud en el caso del Lerma. Existen en los dos casos elementos para determinar el interés de un sector de la población rural por los proyectos de desecamiento de las lagunas -anteriores a los dos acueductos-, ya que estos proyectos liberarían tierras para la agricultura que pasarían a ser parte de los terrenos ejidales de los municipios. En el caso del Lerma se dio también un rechazo importante al desecamiento por parte de las poblaciones que mantenían una economía lacustre, sin embargo, la mayoría de los reclamos posteriores no tienen que ver con el cambio en la estructura productiva de las poblaciones circundantes de las lagunas, sino con la falta de agua para el riego agrícola.

Una visión más objetiva sobre los procesos de integración regional, desde un punto de vista económico y urbano, no puede dejar de lado por supuesto los impactos ambientales de los acueductos, pero ayudaría a iniciar una discusión sobre bases reales que permitiera analizar los impactos de las diferentes actividades, la industrialización descontrolada, los vaivenes en la capacidad de negociación de los municipios y la capacidad de las autoridades para hacer cumplir las leyes y normas. Todos ellos, factores que dieron lugar a las afectaciones sociales y ambientales que conocemos y poder entonces vislumbrar algunas soluciones a futuro, que no se centren exclusivamente en el vector agua, separado de las condiciones necesarias para el crecimiento urbano y económico regional.

En el proyecto del Sistema Lerma se intentó generar un proceso de desarrollo integrado económico y social asociado a la obra de ingeniería, algunos de los participantes, como el ingeniero Enrique Molina o el arquitecto Ricardo Rivas tenían una verdadera preocupación por el mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones del Alto Lerma. El impulso inicial al mejoramiento de las circunstancias de los habitantes de la zona se vio rebasado por el desarrollo de la agroindustria y la ganadería en la zona, así como el proceso de industrialización a partir de los años 50, de alguna manera se podría decir que el desarrollo físico, social y económico de la Ciudad de México, de la ciudad de Toluca y de la región de integración económica de estas dos regiones con el Alto Lerma no hubiera sido posible sin la construcción de este acueducto, pero muchas de las consecuencias e impactos que tuvo este proceso no tienen su origen en la construcción del acueducto.

Los municipios afectados han desarrollado durante años una defensa de sus recursos de agua en oposición a la Ciudad de México, el impacto social de estos movimientos ha hecho que lleguemos a considerar este acueducto como un caso extraordinario de expolio por parte de la ciudad, sin embargo el desarrollo económico de esta zona esta fuertemente ligado a los recursos hidráulicos que le proporciona este mismo acueducto y a partir de los años 80 a los recursos extraídos del Cutzamala¹. Se reconoce de manera general los daños producto de la construcción del Sistema Lerma, se conocen muy poco sus efectos positivos y se conocen menos los impactos que la extracción de recursos esta originando en la cuenca del Cutzamala, quizá porque esas poblaciones no cuentan con el impacto mediático otorgado a poblaciones más cercanas a grandes centros urbanos.

El acueducto del Sistema Lerma también impactó en la morfología urbana, con la construcción de caídas de agua, calles y avenidas, como Río San Joaquín, pero principalmente, con la integración al Acueducto de Xochimilco en la Loma de Dolores y la creación del Cárcamo y la fuente de Tláloc, con la expansión del Bosque de Chapultepec hacia la segunda y la tercera sección, donde se localiza la planta potabilizadora, y los puentes y sifones en Tecamachalco, Barrilaco y Dolores.

¹ El Sistema Cutzamala tiene una dinámica y problemática diferente que espero podré desarrollar en futuras investigaciones, sin embargo cabe aclarar que es un sistema de presas interconectadas a la planta potabilizadora y de ahí al Sistema Lerma, por lo tanto no se extrae agua del subsuelo.

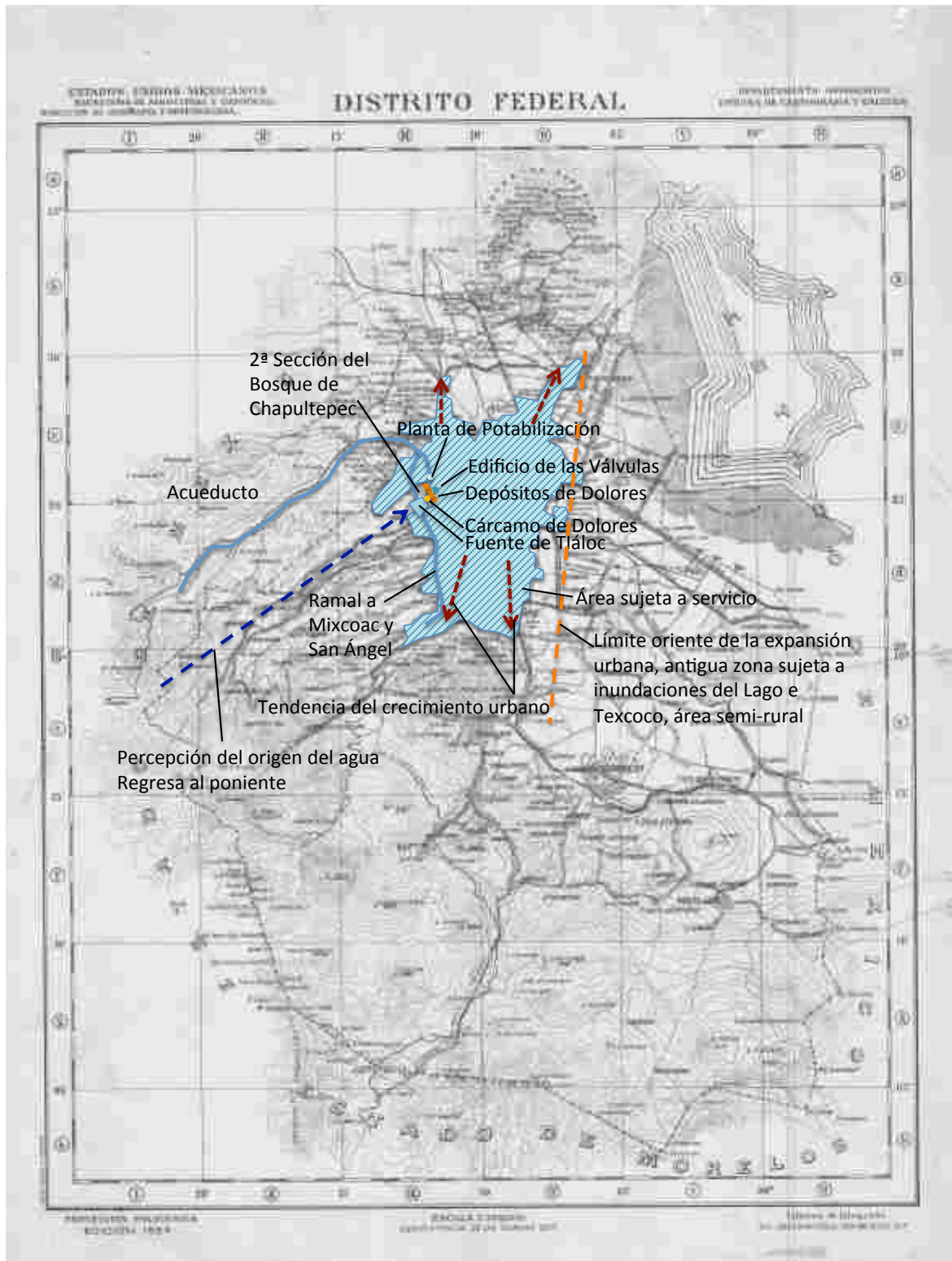


Figura 158. Esquema de la Huella Urbana del Sistema Lerma en 1954, elaboración propia sobre un plano de SAG, Dirección de Geografía y Metereología, 1954

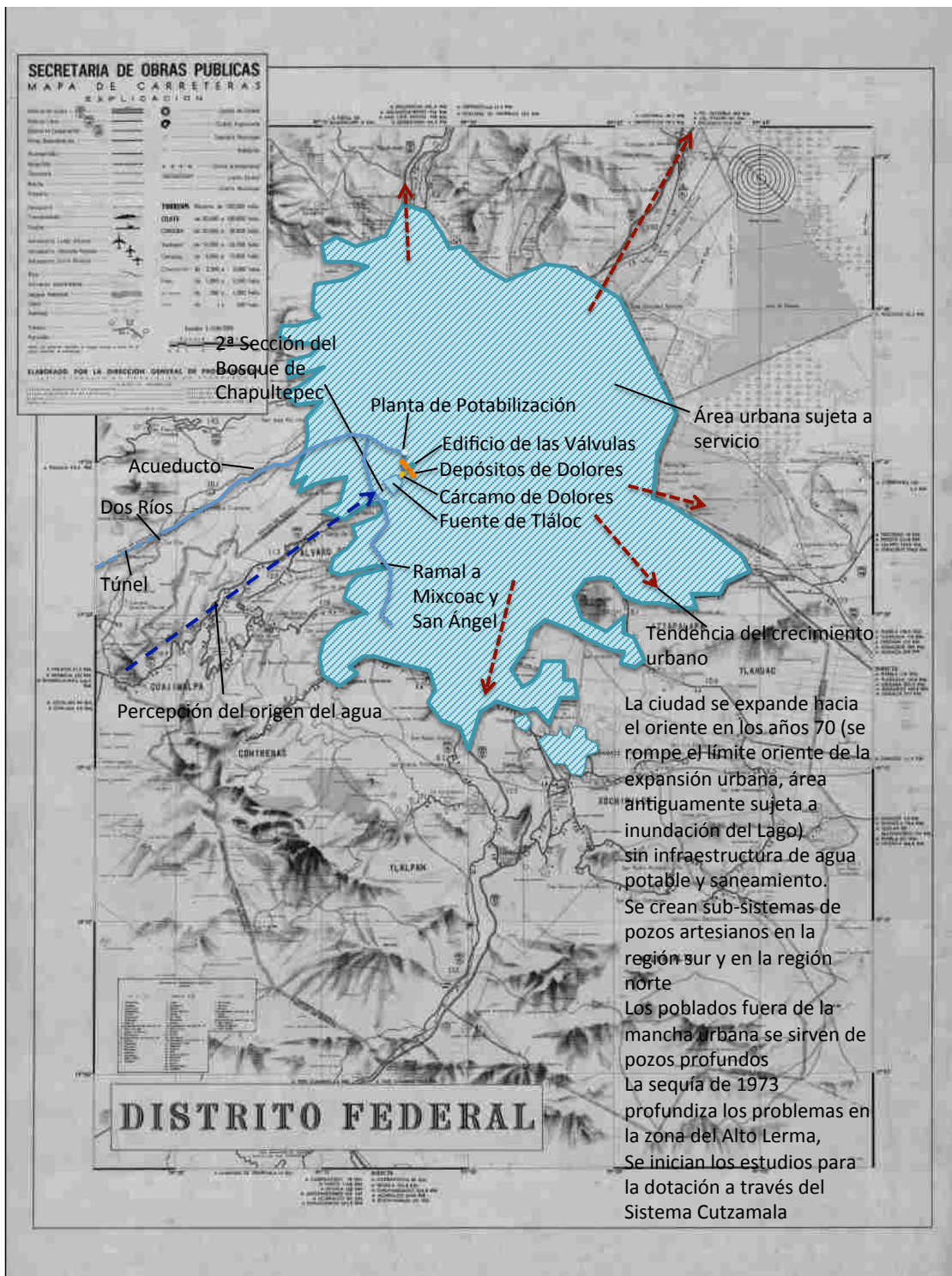


Figura 159. Esquema de la Huella Urbana del Sistema Lerma en 1973, elaboración propia sobre un plano de SAOP, 1973

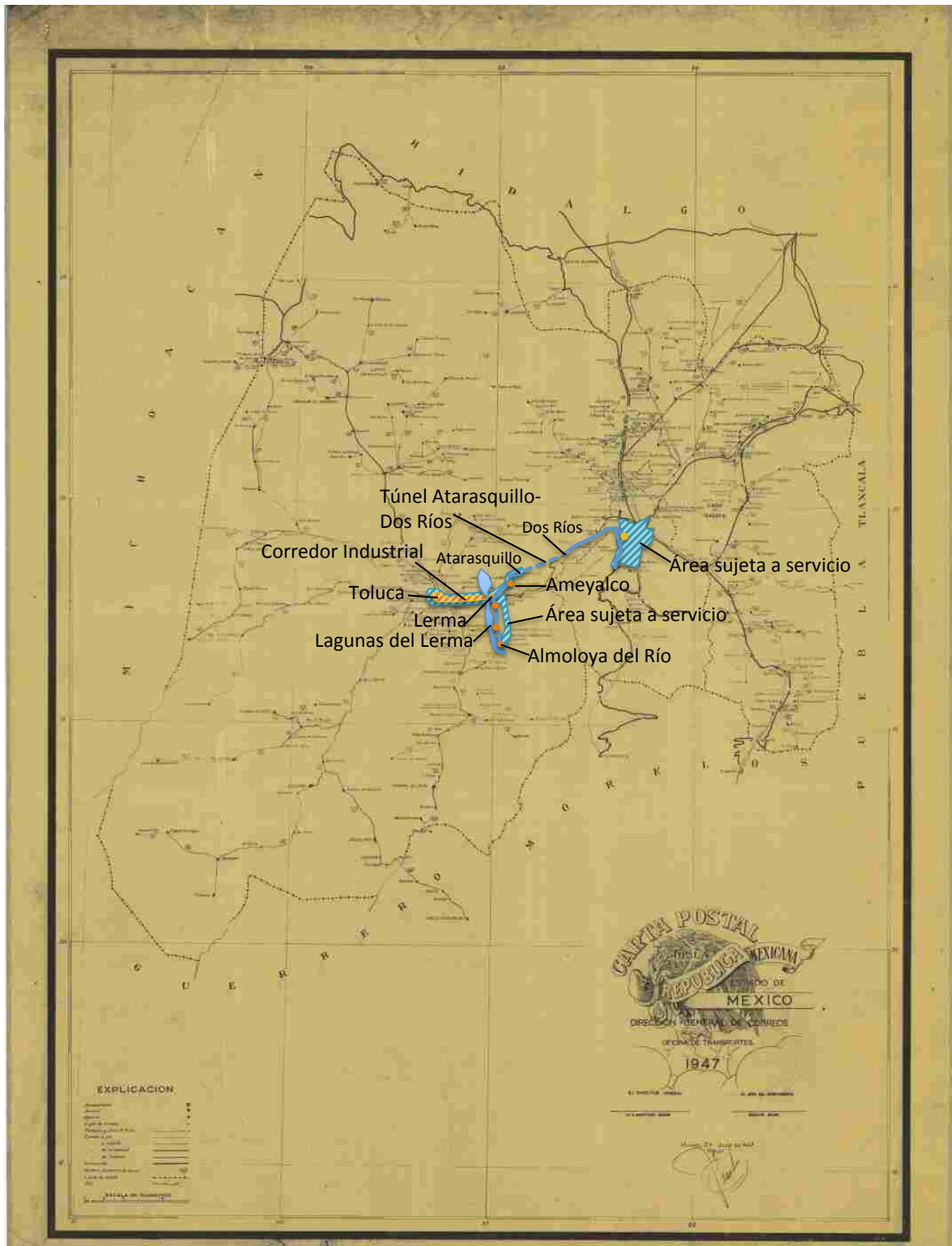


Figura 160. Huella regional del Sistema Lerma en 1947, elaboración propia sobre un plano de 1947

Desde el punto de vista del desarrollo de esta investigación, me parece importante realizar una reflexión sobre aquellos puntos que merecerían un estudio a mayor profundidad y que no fue posible elaborar en su totalidad en esta Tesis, ya que la investigación se basó de forma prioritaria en los documentos producidos por las instituciones encargadas del estudio y desarrollo de los proyectos.

La relación de la generalización del servicio del agua potable y la salubridad es uno de los temas que puede generar una línea de investigación a futuro, ya que en este estadio de la investigación fue difícil relacionar el mejoramiento en el servicio del agua potable con las estadísticas de salud de la época². El abasto de agua permite una aproximación a las relaciones que establecieron las élites, los diferentes niveles de gobierno, nacional, federal y local, las poblaciones beneficiarias y las poblaciones de donde se obtuvo el recurso, es necesario profundizar más en estas relaciones con la consulta de los archivos municipales que pueden dar una mejor imagen de las respuestas de los pobladores a estas transformaciones.

Otra línea de investigación a profundizar es el impacto de la generalización del servicio del agua potable en las diferentes capas sociales urbanas y la transformación cultural con el uso de nuevas tecnologías: agua entubada hasta la vivienda, agua potable para cocinar, limpiar la ropa y la vivienda, el surgimiento de cuartos especializados para el baño diario y la integración de los escusados a la vivienda, que derivan en un proceso de creciente intimidad de la relación entre la higiene y el cuerpo del individuo. El estudio de la confrontación entre las empresas privadas dedicadas a la generación de fuerza motriz y los ayuntamientos que realizaron los nuevos proyectos de distribución de agua puede también deparar un nuevo enfoque sobre la relación entre abasto de agua y producción.

La respuesta desde las infraestructuras al desarrollo y los requerimientos urbanos pasa por recuperar una mirada sin miedo al futuro, que ponga la tecnología al servicio de las demandas sociales y ambientales³. En los dos casos estudiados, puede afirmarse que la constitución de

² Las estadísticas muestran una tendencia positiva, de disminución de enfermedades y muertes por causas que pueden estar asociadas al agua, pero no me ha sido posible por el momento diferenciar los factores que inciden en ellas: mejora de la alimentación, mejora de los servicios de salud, mejora del servicio de agua potable, campañas de salubridad y vacunación.

³ La velocidad de los cambios de la sociedad actual ha producido por un lado, una disminución de los vínculos sociales y por otro, un aumento de la angustia por el futuro: respuestas negativas individuales ante los cambios y creación de visiones colectivas de condena a los procesos de la modernidad y específicamente de la modernidad urbana. La recuperación de la confianza en la capacidad de la humanidad para enfrentar los retos que le plantea el desarrollo, implica desde mi punto de vista una

una huella urbana pasó por el propósito manifiesto de producir un hecho urbano y arquitectónico que se basa en una voluntad de creación de significados simbólicos de las estructuras arquitectónicas o urbanas que forman parte del conjunto, sin esta voluntad, que se manifiesta en estructuras de un notable valor estético, la construcción por si misma no adquiere significados y se pierde en la masa edilicia. Desde esta óptica, y de acuerdo con los análisis desarrollados por Aldo Rossi en su libro *La Arquitectura de la Ciudad*, además de la traza, que puede responder a cuestiones topográficas, simbólicas o económicas, las infraestructuras pueden ser concebidas como parte de las arquitecturas de la ciudad y permanecer como huella física y simbólica y generar ejes de crecimiento y construcción de ciudad.

Por último, creo que es importante destacar estos dos períodos, con todos sus claroscuros, como una época donde la sociedad se planteó las posibilidades de la modernidad urbana, se vieron a si mismos como constructores de futuro y donde los beneficios públicos del uso del agua potable se extendieron a una parte mayoritaria de la población urbana de las ciudades de México y Toluca.

La preocupación por el mantenimiento de las áreas boscosas para la preservación de los manantiales está más que presente en ambos acueductos y algunas de las consecuencias que se manifestaron posteriormente a su construcción sobre los aspectos ambientales, no pudieron ser previstas con el nivel de conocimiento técnico de la época.

La discusión sobre el ciclo del agua urbana continuará fluyendo, ya que la preocupación actual se dirige a la conservación de estos recursos y al mejoramiento de la distribución para que alcance a un mayor número de habitantes. De las experiencias anteriores queda claro que la discusión pasa por una nueva forma de la modernidad que permita recuperar los recursos transformando los procesos industriales y de servicios y la producción de ciudad en la búsqueda de un equilibrio entre desarrollo y sostenibilidad .

visión que rescaté los conceptos de modernidad de Marshall Berman y un cuestionamiento a algunas perspectivas apocalípticas que desde la ecología ponen en crisis las respuestas que pueden darse desde la tecnología a estos retos.

Bibliografía

General

BERGMAN, Marshall (2006) *Todo lo sólido se desvanece en el aire, la experiencia de la modernidad*, México, Siglo XXI Editores.

CORTES Hernán, (2004) *Cartas de Relación*, 20ª. Edición, México Colección Sepan Cuantos..., 2004 Editorial Porrúa.

ECKERMANN, J.P. (2010) *Conversaciones con Goethe*, edición de Rosa Sala Rose, Barcelona, Ed. Acantilado. 1ed en alemán en 1835.

POËTE, Marcel, (1929) *Introduction a l'urbanisme, l'évolution des ville, la leçon de la antiquité*, París, 1967. aux éditions ANTHROPOS.

LAVEDAN, Pierre, (1936) *Geographie des villes*, París, 1959. Gallimard.

- (1960) *Les villes françaises*, París, Vincent et Fréal.

ROSSI Aldo, (1979) *La arquitectura de la ciudad*, España Ed. GG.

Bibliografía Huella del Agua

ABOITES AGUILAR, Luis; BIRRICHAGA GARDIDA, Diana; GONZÁLEZ CASTAÑEDA, Rocío; SUÁREZ CORTEZ, Blanca Estela. (2000) *Fuentes para la historia de los usos del agua (1710-1951)*, México, Biblioteca del Agua, CIESAS-CONAGUA.

ABOITES AGUILAR, Luis. (2000) *Demografía histórica y conflictos por el agua. Dos estudios sobre 40 kilómetros de historia el río San Pedro, Chihuahua*. México, Biblioteca del Agua. CIESAS-CONAGUA.

ABOITES AGUILAR, Luis y Valeria Estrada Tena (compiladores). (2004) *Del agua municipal al agua nacional. Materiales para una historia de los municipios en México 1901-1945*, México, Biblioteca del Agua, CONAGUA/Archivo Histórico del Agua/CIESAS/Colegio de México.

ARÉCHIGA CÓRDOBA Ernesto, "El Desagüe en el Valle de México, siglo XVI-XXI". Una Historia paradójica, en Revista de Arqueología Mexicana, N° 68, p. 61-63

ARREGUÍN MAÑÓN, José P.; TERÁN, Ana, (1994) *Dos testimonios sobre historia de los aprovechamientos hidráulicos en México*. CANAGUA-CIESAS, México.

ARREGUIN MAÑÓN, José P., (1994) "Remembranza acerca de las primeras Experiencias de Recarga Artificial de los Acuíferos mediante Pozos de Absorción en el Valle de México". J.P. Arreguin Mañón, 56 h. México D.F., (Concurso sobre Historia y Etnohistoria de los aprovechamientos hidráulicos).

AVILA GONZÁLEZ, Salvador (Coord.), (1997) *Guía de Fuentes Documentales para la historia del agua en el Valle de México (1824-1928)*, México, Biblioteca del Agua, CIESAS-CONAGUA.

BACHELARD, Gaston. (1978) El agua y los sueños. Ensayo sobre la imaginación de la materia, México, FCE, Breviarios 279, 297 p.

BATAILLON, Claude y RIVIERE D'ARC, Hélène. (1973) La Ciudad de México. SEP/Setentas, México. SEP

COMISIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO. Oficina de Estudios de Especiales. Censo de Pozos del Valle de México. SRH/ Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Varios vol., México D.F., 1971.

COMISIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO. Hidrología de la Cuenca del Valle de México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Comisión Hidrológica del Valle de México, México D.F., 1964

COMISIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO. Estudio de los Acuíferos Salinos bajo el Lago de Texcoco. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Comisión Hidrológica del Valle de México, Boletín 1, 20 p., México D.F., 1964

COMISIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO. Oficina de Estudios Especiales. Primer Informe de Viabilidad en relación a la posibilidad de infiltrar el caudal que actualmente fluye por los ríos de la Cuenca del Valle de México. SRH. Comisión Hidrológica del Valle de México. 22 h., México D.F., 1964

COMISIÓN HIDROGRÁFICA . Descripción General de los Lagos, Diques, Ríos y Canales del Valle de México. Boletín Oficial del Consejo Superior del Gobierno del Distrito Federal Tomo 10 (S/No.): 249-253, 282-285 , México D.F., 1907

D.D.F., Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. D.D.F., 4 vol., México, D.F., 1975

DE LA LANZA ESPINO, Guadalupe y GARCÍA CALDERÓN, José Luís. Lagos y presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo, 1995

DE LA TORRE, Guadalupe, Proyectos Urbanísticos para el resguardo de la ciudad de México. Siglo XVIII, en Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas, núms. 74-75, pp. 177-193, IIE-UNAM, 1999

DENTON NAVARRETE, Thalía, El agua en México. Análisis de su régimen jurídico, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM-Posgrado, México, 2006.

GALINDO Y VILLA, Jesús. Historia Sumaria de la Ciudad de México, Editorial Cultura, México, 1925

GARCÍA Quintana, Josefina. México Tenochtitlan y su Problema Lacustre. UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas. Cuadernos, Serie Histórica 21, 132 p., México D.F., 1978

G.D.F., Vuelta a la Ciudad Lacustre. Memorias del Congreso. Ciudad de México, octubre de 1998. Instituto de Cultura de la Ciudad de México. Gobierno del Distrito Federal. México. 2000

JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca, María Luisa TORREGROSA Y ARMENTIA, Luis ABOITES AGUILAR (Ed.), (2010) *El agua en México: cauces y encauces*, México, CONAGUA-AMC, 702 p.

JOHNS. Michael, *The City of Mexico in the age of Diaz*, University of Texas, Austin, 1997.

LOMBARDO DE RUIZ, Sonia (1973) *Desarrollo urbano de México Tenochtitlan según fuentes históricas*, México, SEP-INAH.

LÓPEZ LUJÁN, Leonardo. La cuenca de México, Clásico (150-600/650 d.c.). La diferenciación campo/ciudad, en *Revista de Arqueología N°*, p.41-49

LÓPEZ ROSADO, Diego G. (1976) *Los servicios públicos de la ciudad de México*, México, Ed. Porrúa.

MATEOS, Juan. *Apunte Histórico y Descriptivo del Valle de México y Breve Descripción de la Obra de Desagüe y del Saneamiento de la Capital*. Ayuntamiento de la Ciudad de México, México, 1923

MUSSET, Alan, (1992) *El Agua en el Valle de México. Siglos XVI-XVIII*. Pórtico de la Ciudad de México. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, México

NAVARRETE, Sylvia. *Acueductos de México*. BANOBRAS, 143 p., México D.F., 1996.

NEESON, Fern L., (1983) *Great waters. A history of Boston's water supply*, USA, University Press of New England-Brandeis University.

OROZCO Y BERRA, Manuel. *Historia de la Ciudad de México: desde su fundación hasta 1854*. 1987, Secretaría de Educación Pública, 188 p., México, SEP

- (1864) *Memoria para la carta hidrográfica del Valle de México formada por acuerdo de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, 185 p. (KRAMER Niva and Lydia LOH (2007) *The History of Philadelphia's Water Supply and Sanitation System. Lessons in Sustainability for Developing Urban Water Systems Report*. Master of Environmental Studies. University of Pennsylvania. Philadelphia Global Water Initiative. United Nations.

PEDROZA GONZÁLEZ, Edmundo (compilador) *Aspectos de metodología de la investigación e historia de la hidráulica* / Edmundo Pedroza González -- Jiutepec, Mor., : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2014. 164 p.

- <http://ia601408.us.archive.org/28/items/memoriaparalaca00estagoog/memoriaparalaca00estagoog.pdf>

PERLÓ COHEN, Manuel. *El Paradigma Porfiriano. Historia del desagüe del Valle de México*, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad/Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM/ Editorial Porrúa, México, 1999

PINEDA MENDOZA, Raquel. *Origen, vida y muerte del acueducto de Santa Fe*. Universidad Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Estéticas, México, 2000.

RAMÍREZ, José Fernando. *Memoria acerca de las obras e inundaciones en la ciudad de México*, INAH, 254p. México, 1976

ROJAS RABIELA, Teresa et al. *Nuevas Noticias sobre las Obras Hidráulicas Prehispánicas y Coloniales en el Valle de México*. INAH, Centro de Investigaciones Superiores, 231 p., México, 1974

SANTOYO VILLA, Enrique et al. (2005) *Síntesis Geotécnica de la Cuenca del Valle de México*, TGC Geotecnia, TGC Ingeniería, México.

SARH, (1988) *Agua y Sociedad: Una Historia de las Obras Hidráulicas en México*. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. 299 p. México D.F.

SMITH, Carl (2014), *City Water, City Life. Water and the Infrastructure of Ideas in Urbanizing Philadelphia, Boston and Chicago*, Chicago, The University of Chicago Press.

SUÁREZ CORTEZ Blanca Estela (1998) *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, empresas y ayuntamientos (1840-1940)*, México, CIESAS/CONAGUA/ IMTA.

NERI SERNERI, Simone, (2007) "The Construction of the modern City and the Management of Water Resources in Italy, 1880-1920", en *Journal of Urban History*, July 2007, vol. 33, pp. 813-827. (<http://juh.sagepub.com/cgi/content/abstract/33/5/813>)

SRH, (1964) *El Desarrollo Económico del Valle de México y la Zona Metropolitana de México*. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Comisión Hidráulica del Valle de México. 1 vol., México D.F.,

SRH, (1974) *Usos del Agua de la Cuenca del Valle de México: Marco de Referencia de los usos del agua a nivel municipal*. Memoria. SRH, Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Dirección de Uso del Agua, 17,(18) p., México D.F.,

SUÁREZ CORTEZ, Blanca Estela (coord.), (1998) *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, empresas y ayuntamientos (1840-1940)*. México, Biblioteca del Agua, CONAGUA-CIESAS-IMTA.

TORTOLERO VILLASEÑOR, Alejandro (2000) *El Agua y su Historia. México y sus desafíos hacia el siglo XXI*. México, Siglo XXI Editores, 167 p.

TRICART, Jean, Pro-lagos. (1985) *Los Lagos del Eje Neovolcánico de México*., Université Louis Pasteur-Strasbourg I/ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Centro Nacional de la Recherche Cientifique/Instituto de Geografía-UNAM, México, UNAM. (http://repositorio.imta.mx:8080/cenca-repositorio/bitstream/123456789/965/1/IMTA_023.pdf)

Bibliografía Acueducto de Xochimilco

AGOSTONI Claudia (2005) "Las delicias de la limpieza: la higiene en la Ciudad de México", en *Historia de la vida cotidiana en México*, tomo iv. Bienes y vivencias. El siglo xix, coordinado por Anne Staples, México: El Colegio de México / fCE.

ARÉCHIGA CÓRDOBA, Ernesto. "De la exuberancia al agotamiento. Xochimilco y el agua,1882-2004". en TERRONES, María Eugenia (coord.). *A la orilla del agua. Política,*

urbanización y medio ambiente. Historia de Xochimilco en el siglo XX. México: Gobierno del Distrito Federal, Delegación Xochimilco, Instituto Mora, 2004, p.95-149.

LEAR, John. (1996), "MEXICO CITY, Space and Class in the Porfirian Capital, 1884-1910", en *Journal of Urban History*, 4, may 1996, vol. 22,

MANSILLA, Elizabeth. (1994) *De cómo Porfirio Díaz dominó las aguas: Historia de la Construcción de la Obra Hidráulica.* (Concurso sobre Historia y Etnohistoria de los aprovechamientos hidráulicos), México: CIESAS

MARROQUÍN Y RIVERA, Manuel. (1901) Proyecto para las Obras de aprovisionamiento de Aguas Potables a la Ciudad de México. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México

- (1910) Memoria de las Obras de aprovisionamiento de Aguas Potables a la Ciudad de México. Imprenta de Juan Aguilar Vera. México.

- (1914) Memorias de las Obras de Aprovisionamiento de Agua Potable de la Ciudad de México, Ayuntamiento de la Ciudad de México. México.

RODRÍGUEZ KURI, Ariel, (2005) "Desabasto de agua y violencia política. El motín del 30 de noviembre de 1922 en la ciudad de México", en: José Monzón y Carmen Valdez (coord.), *Formas de descontento y movimientos sociales, siglos XIX y XX*, UAM-Azcapotzalco, (Serie Historia/Historiografía), México.

-

ROMERO LANKAO, Patricia. (1991) "Historia de las obras de abastecimiento de agua y drenaje y de su impacto socioambiental", tesis de maestría en sociología, México, FCPS-UNAM, 325 p.

- (1993) Impacto socioambiental, en Xochimilco y Lerma, de las obras de abastecimiento de la Ciudad de México. UAM- Xochimilco, México.

- (1999) "Agua en la Ciudad de México durante el Porfiriato, ¿una realidad superada?" en revista RELACIONES 80, otoño 1999, Vol. XX, México. (<http://www.revistarelaciones.com/files/revistas/080/PatriciaRomeroLankao.pdf>)

TERRONES LÓPEZ, María Eugenia (2006), "Xochimilco sin arquetipos. Historia de una integración urbana acelerada en el siglo XX". en REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES. Universidad de Barcelona. Vol. X, núm. 218 (37), 1 de agosto de 2006. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-37.htm>

TERRONES LÓPEZ, María Eugenia (coord.) (2004), *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente. Historia de Xochimilco en el siglo XX.* México: Gobierno del Distrito Federal, Delegación Xochimilco, Instituto Mora,

Bibliografía Sistema Lerma

COTLER ÁVALOS, Elena; MAZARI HIRIART, Marisa; DE ANDA SÁNCHEZ, José (2006), Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, SEMARNAT, INE; UNAM, IE, México

CAMACHO PICHARDO, Gloria.(2007) *Agua y Liberalismo. El proyecto estatal de desecación de las lagunas del Alto Lerma, 1850-1875*. CIESAS/CONAGUA/Archivo Histórico del Agua, México.

CAMACHO PICHARDO, Gloria. (1998) "Proyectos hidráulicos en las lagunas del Alto Lerma (1880-1942)", en *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, empresas y ayuntamientos (1840-1940)*, Blanca Estela Suárez Cortez (coord.), CIESAS/CONAGUA/IMTA

D.D.F., (1951) *Obras para la provisión de Agua Potable para la Ciudad de México. Sistema Lerma.* , D.D.F. , México, Agosto de 1951.

INE, (2003) *Diagnóstico Bio-físico y Socio-económico de la Cuenca Lerma Chapala*, Instituto Nacional de Ecología, Dirección de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas, México.

MOLINA, Eduardo, et al. (1949) *Las Obras del Lerma. Trabajos presentados al Primer Congreso Internacional de Ingeniería Civil, celebrado en la Ciudad de México en abril-mayo de 1949*. D.D.F., México.

NOELLE, Louise, (2001) *Integración Plástica y Funcionalismo. El Edificio del Cárcamo del Sistema Hidráulico Lerma y Ricardo Rivas*, en *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, Num. 78, pp. 189-202, México, IIE-UNAM,

S.A., (1871) *Breve Reseña Histórica de los Trabajos de Desecación de las Lagunas de Lerma*, Tipografía del Instituto Literario , 16 p., Toluca, Edo. Mex.,

TORRES BERNARDINO, Lorena (2014), *La gestión del Agua Potable en el Distrito Federal*, Tesis de Licenciatura en Administración Pública, Primer premio, México, INAP.

Archivos Consultados

Archivo Histórico del Agua (CONAGUA):

Fondos: Fondo Documental Aguas Nacionales, Cuenca Balsas, Cuenca Pánuco

Aprovechamientos Superficiales

Fotográfico

Cuencas: Cuenca Pánuco

Cuenca Lerma.

Subserie: Departamento de Ríos, Lagos y canales

Archivo Histórico del D.F.:

Ramos: Aguas, arquerías y acueductos

Aguas. Desierto de los Leones

Aguas en General

Aguas Santa Fe y los Leones

Aguas Tacubaya y otros pueblos

Consejo superior de Gobierno del Distrito. Aguas

Gobernación, Obras Públicas. Aguas foráneas y potables

Gobierno del Distrito. Aguas

Mapoteca Orozco y Berra:

Colecciones: Colección General. D.F.

Colección Orozco y Berra. D.F.

Archivo General de la Nación: Biblioteca. Presidentes. Informes

Fototecas del INAH. Fototeca General: Archivo Casasola. Pachuca Hidalgo

Fototeca Monumentos Históricos

Índice de Figuras

Figura 1. Carta Hidrográfica del Valle de México, 1888	24
Figura 2. Mapa fisiográfico de la cuenca del Valle de México	26
Figura 3. Mapa de las sierras y lagos de la cuenca del Valle de México	27
Figura 4. Mapa de la probable red pre-Chichinautzin	29
Figura 5. Evolución de los lagos	33
Figura 6. Plano de la ciudad de Tenochtitlan en el año de 1519, reconstruido por Leopoldo Bartres, 1892	38
Figura 7. Plano de la ciudad de México atribuido a Hernán Cortés	41
Figura 8. Acueducto prehispánico. Sistema de Distribución Lineal	42
Figura 9. Plano reconstructivo de la Región de Tenochtitlan al comienzo de la conquista, González Aparicio, 1968	44
Figura 10. Sistema de Distribución Lineal del primer acueducto virreinal	48
Figura 11. Forma y Levantamiento de la Ciudad de México en 1628, Gómez de Transmonte	52
Figura 12. Plano de la Ciudad de México en 1737, Pedro de Arrieta	53
Figura 13. Acueducto Virreinal. Sistema de Distribución Lineal con ramales y fuentes públicas. Servicio a particulares	56
Figura 14. Plano General de la Ciudad de México, 1886, Debray	69
Figura 15. William Henry Jackson. Antiguo Acueducto de Santa Fe	74
Figura 16. William Henry Jackson. Antiguo Acueducto de Santa Fe	74
Figura 17. Fuente de Chapultepec en su emplazamiento actual	75
Figura 18. William Henry Jackson. Antiguo Acueducto de Santa Fe	75
Figura 19. A. Briquet, Antiguo Acueducto de Chapultepec a su paso por Chapultepec	76
Figura 20. Fuente de Salto del Agua	76
Figura 21. Plano del Desierto, 1899, Trazo del acueducto del Desierto y de Los Leones	77
Figura 22. Detalle de la alberca de Chapultepec, 1872	78
Figura 23. Mapa del pueblo de Santa Fe con el trazo del acueducto de México	79
Figura 24. Plano de los Acueductos que surten a la Ciudad de México, 1860	80
Figura 25. Perfil de Nivelación de una parte del agua de Los Leones	81
Figura 26. Plano de la cañería de plomo que ha de sustituir los arcos desde la garita de Belén al Salto	82

Figura 27. Plano de la Hacienda de Los Morales con el trazo del acueducto del Río Hondo	83
Figura 28. Trazo del acueducto de los Morales desde el acueducto de Río Hondo hasta Molino del Rey	84
Figura 29. Plano del reconocimiento entre la Cañada Honda y el Acueducto de los Leones	85
Figura 30. Perfil del Primer Tramo de la Empresa Chousal y Compañía entre la cañada de Los Leones y Ajolotes	86
Figura 31. 2º Tramo del Acueducto entre las Cañadas de Ajolotes y la Gachupina	87
Figura 32. Perfil del 3er Tramo del Acueducto entre la Cañada de la Gachupina y Cañada de Río Hondo	88
Figura 33. Curva de mortalidad mensual de la Capital de la República 1867-1876	93
Figura 34. Curva de mortalidad anual en la Capital de la República 1867-1876	94
Figura 35. Mortalidad durante el año de 1892 en el Distrito Federal	95
Figura 36. Mortalidad habida en la Ciudad de México en el año 1900	96
Figura 37. Proyecto del Acueducto de Las Cruces, 1901	123
Figura 38. Proyecto de Abastecimiento de Aguas para la Ciudad de México. Acueducto de Xochimilco	144
Figura 39. Plano de localización de las obras generales del Acueducto de Xochimilco	147
Figura 40. Proyecto de la Red de Tuberías, 1901	148
Figura 41. Plano de la Casa de Bombas de Santa Cruz	150
Figura 42. Plano de la Casa de Bombas de San Luis	151
Figura 43. Plano de la Casa de Bombas de La Noria	152
Figura 44. Plano de la Casa de Bombas de Nativitas	153
Figura 45. Tramo del Acueducto	157
Figura 46. Detalle de la Chimenea de Ventilación	157
Figura 47. Consolidación del acueducto principal con pilotes de madera	158
Figura 48. Plano de la Casa de Bombas de la Condesa	163
Figura 49. Fachada de la Casa de Bombas N°1, La Condesa	164
Figura 50. Corte A-B de la Casa de Bombas N° 1	165
Figura 51. Corte C-D de la Casa de Bombas N° 1	166
Figura 52. Casa de Bombas de la Condesa en su ubicación original	167
Figura 53. Casa de Bombas de la Condesa	167
Figura 54. Casa de Bombas de la Condesa misma localización actual	168
Figura 55. Depósitos Distribuidores en Chapultepec	171
Figura 56. Corte diametral de un Deposito Distribuidor de la Loma de Dolores	172
Figura 57. Cámara de las Válvulas de Chapultepec	173
Figura 58. Red de tuberías construida	175
Figura 59. Construcción de la Galería	179

Figura 60. Acueducto de Xochimilco. Sistema de circuitos	180
Figura 61. Casa de Bombas de La Noria	182
Figura 62. Cas de Bombas de Nativitas	182
Figura 63. Interior de la Casa de Bombas de Nativitas	183
Figura 64. Casa de Bombas de San Luis	183
Figura 65. Plano de los manantiales dela Noria	184
Figura 66. Plano de los manantiales de Nativitas	185
Figura 67. Plano de los manantiales de San Luis	186
Figura 68. Plano de los manantiales de Santa Cruz	187
Figura 69. Esquema de los Abastecimientos de agua potable en el Distrito Federal, octubre de 1932	196
Figura 70. Trabajos de Aguas Potables, Construcción de tanque de almacenamiento en Coyoacán	198
Figura 71. Fuga de agua en la colonia Roma	199
Figura 72. Mejoramiento del sistema de agua potable en Milpa Alta	200
Figura 73. Santa Cruz Acalpixca, Bombas de Santa Cruz. Centenario inauguración	204
Figura 74. Santa Cruz Acalpixca, Bombas de Santa Cruz. Centenario inauguración	204
Figura 75. Santa Cruz Acalpixca, Bombas de Santa Cruz. Centenario inauguración	205
Figura 76. La Casa de Bombas de Nativitas. Centenario inauguración	205
Figura 77. La Casa de Bombas de Nativitas. Centenario inauguración	206
Figura 78. Casa de Bombas de La Condesa. Centenario inauguración	206
Figura 79. Casa de Bombas de La Condesa. Centenario inauguración	207
Figura 80. Inauguración de las obras del Acueducto de Xochimilco. Centenario	207
Figura 81. Los Depósitos Distribuidores en la Loma de Dolores. Centenario inauguración	208
Figura 82. Casa de Bombas de La Condesa. Centenario inauguración	208
Figura 83. Casa de Bombas de La Condesa. Centenario inauguración	209
Figura 84. Esquema Resumen del Acueducto de Xochimilco	210
Figura 85. Tuberías de fierro fundido para la reconstrucción del Acueducto de Xochimilco	216
Figura 86. Tuberías de fierro fundido para la reconstrucción del Acueducto de Xochimilco	217
Figura 87. Pozo de Xotepingo	218
Figura 88. Pozo de Xotepingo. Soldando tubos del revestimiento interior	219
Figura 89. Pozo de Xotepingo. Torre de Perforación	220
Figura 90. Casa de Bombas de Xotepingo	221
Figura 91. Casa de Bombas de Xotepingo	222

Figura 92. Casa de Bombas de Xotepingo	223
Figura 93. Carta del Distrito Federal, 1918. Evolución del área urbana	228
Figura 94. Plano del Distrito Federal hecho por la Dirección de Catastro, 1929. Evolución del área urbana	229
Figura 95. Plano General del Valle de México, 1947. Evolución del área urbana	230
Figura 96. Plano de la Ciudad de México, Guía Flecha, 1955	231
Figura 97. Mapa de carreteras del Distrito Federal, 1963	232
Figura 98. Mapa de carreteras del Distrito Federal, 1973	233
Figura 99. Las Lagunas del Lerma antes del aprovechamiento de los manantiales	237
Figura 100. La Cuenca Lerma Chapala, Hidrología superficial, 2000	238
Figura 101. Carta postal de la República Mexicana, Estado de México, julio de 1947	239
Figura 102. Carta postal de la República Mexicana, Estado de México, julio de 1947	240
Figura 103. Lagunas del Lerma, proyecto de Desagüe, 1870	249
Figura 104. Casa de Bombas, tuberías y válvulas del Sistema Lerma en el Alto Lerma	254
Figura 105. Plano y Perfil del Sistema Lerma	255
Figura 106. Detalle de Área de Captación	257
Figura 107. Detalle Galería de Captación	258
Figura 108. Tramo del acueducto de concreto en el acceso al Túnel Atarasquillo-Dos Ríos	259
Figura 109. Pórtico de entrada al Túnel Atarasquillo-Dos Ríos	260
Figura 110. Chimenea de ventilación	262
Figura 111. Esquema del Sistema Lerma	263
Figura 112. Planta de distribución de la Escuela de Atarasquillo	266
Figura 113. La escuela de Atarasquillo en construcción	267
Figura 114. Murales en la escuela de Atarasquillo	267
Figura 115. Caída de las Palmas	269
Figura 116. Construcción de la caída de las Palmas	270
Figura 117. Caída de Río San Joaquín	271
Figura 118. Obras para la caída de Río San Joaquín	272
Figura 119. Puente-canal sobre el río San Joaquín	273
Figura 120. Equipo de válvulas e hidroeeléctrico para la Planta de Río San Joaquín	274
Figura 121. Terraplén del sifón de Dolores	275
Figura 122. El edificio del Cárcamo en construcción	277
Figura 123. Construcción del Cárcamo de Dolores o Cárcamo del Lerma	278
Figura 124. Construcción del Cárcamo de Dolores o Cárcamo del Lerma	279
Figura 125. Construcción del sistema de compuertas y los sillares para las tuberías	280
Figura 126. Tuberías de conexión con los depósitos distribuidores	281

Figura 127. Mural <i>El origen de la vida en la Tierra</i>	282
Figura 128. Mural <i>El origen de la vida en la Tierra</i>	283
Figura 129. Mural <i>El origen de la vida en la Tierra</i>	284
Figura 130. Mural <i>El origen de la vida en la Tierra</i>	285
Figura 131. Mural <i>El origen de la vida en la Tierra</i>	286
Figura 132. Planta Purificadora en el Parque de Dolores	287
Figura 133. Vista aérea del Cárcamo de Dolores y la fuente de Tláloc	288
Figura 134. Proceso de restauración del Cárcamo de Dolores	288
Figura 135. Gastos por rubro de las obras de compensación	293
Figura 136. Tanque de almacenamiento para el abastecimiento del pueblo de Almaya	295
Figura 137. Casas construidas por el departamento del Distrito Federal para los pobladores de Almoloya del Río	296
Figura 138. Escuela primaria del pueblo de San José del Llanito	297
Figura 139. Canal de protección de los manantiales de Ameyalco. Lavaderos y Baños públicos	298
Figura 140. Escuela para la Industria Textil	299
Figura 141. Centro escolar “Gabriel Ramos Millán” en Atarasquillo	300
Figura 142. Escuela primaria en Santa María Atarasquillo	301
Figura 143. Escuela primaria en Santiago Amelco	302
Figura 144. Cuenca Lerma Chapala. Dispersión de la población por municipio, 2000	305
Figura 145. Zonas Metropolitanas y principales centros urbanos	306
Figura 146. Nivel de urbanización por municipio, 2000	307
Figura 147. Nivel socioeconómico por municipio, 2000	308
Figura 148. Índice de marginación por municipio, 2000	309
Figura 149. Especialización económica por sector de producción, 2000	310
Figura 150. Esquema Resumen del Sistema Lerma	313
Figura 151. Esquema del Sistema Cutzamala-Lerma	314
Figura 152. Infraestructura hidráulica existente en el Distrito Federal, 1998	316
Figura 153. Hidráulica de la cuenca del Valle de México, dentro del área de influencia de la Ciudad de México	320
Figura 154. Esquema de Huella Urbana del Acueducto de Xochimilco, elaboración propia sobre un plano de SOP 1973	323
Figura 155. Impacto sobre los manantiales del área de Xochimilco	326
Figura 156. Captaciones del Acueducto en la zona del Alto Lerma	328
Figura 157. Llegada del Sistema Lerma a la CDMX	329
Figura 158. Esquema de la Huella Urbana del Sistema Lerma en 1954	334
Figura 159. Esquema de la Huella Urbana del Sistema Lerma en 1973	335
Figura 160. Huella regional del Sistema Lerma en 1947	336

Índice de Tablas

Tabla 1. Acueducto prehispánico. Sistema de Distribución Lineal	43
Tabla 2. Primer acueducto virreinal. Sistema de Distribución Lineal Nodal	49
Tabla 3. Acueducto virreinal. Sistema de Distribución Lineal Nodal con ramales y fuentes públicas, servicio a particulares	57
Tabla 4. Tabla Analítica de las aguas más usadas en la Ciudad de México	60
Tabla 5. Población de la Ciudad de México 1793-1910	90
Tabla 6. Mostrando la cantidad de agua gorda y delgada que se distribuye a los 8 distritos de la ciudad	102
Tabla 7. Mostrando el número de pozos artesianos con que cuenta actualmente la Ciudad de México	103
Tabla 8. Aforos de las aguas de la Taza repartidora de Río Hondo	105
Tabla 9. Clasificación de las Aguas	108
Tabla 10. Diámetros, velocidades y pendientes para la conducción de aguas por conductos circulares	116
Tabla 11. Caídas de agua que se pueden obtener del agua de Las Cruces	122
Tabla 12. Tabla de Análisis del agua del Manantial de Nativitas	128
Tabla 13. Aforos hechos por la Comisión del Valle de México en el mes de agosto de 1898 en los principales manantiales del sur	130
Tabla 14. Resumen de cantidades empleadas en los diferentes servicios (lts/hab.)	134
Tabla 15. Aumento del consumo del agua en las principales ciudades de Estados Unidos durante el decenio 1890 a 1900	135
Tabla 16. Acueducto de Xochimilco. Sistema de Circuitos	181
Tabla 17. Cuadro comparativo de medidores cotizados y pactados	197
Tabla 18. Caudales con los que contaba la ciudad de México en 1930	211
Tabla 19. Crecimiento de población 1910-1940	224
Tabla 20. Gastos de agua 1910-1940	224
Tabla 21. Dotación diaria por habitante en lts/seg	224
Tabla 22. Dotación diaria real por habitante en lts/seg	225
Tabla 23. Crecimiento de la Red de Distribución 1910-1940	225
Tabla 24. Resultados de los análisis de cada uno de los manantiales	245
Tabla 25. Sistema Lerma. Sistema de Distribución por circuitos y ramales	264
Tabla 26. Aspectos fundamentales que deben abordarse para la Proyección y Mejoramiento de las Regiones en la Planeación	292
Tabla 27. Gastos por año de las obras sociales ejecutadas	293
Tabla 28. Fuentes de abastecimiento actual de la Ciudad de México	315

Arquitecta. Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México, 1985.

Maestra en Arquitectura con especialidad en Restauración de Monumentos. Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete. Instituto Nacional de Antropología e Historia, SEP, México. 2003

Email: bdmc@correo.azc.uam.mx, mcbernandez@gmail.com

• **Cursos de posgrado**

- 1985. CAM/SAM. IAU. Curso de Uso del Suelo y Calidad Ambiental.
- 1986. UAM. Curso de Actualización en Arquitectura del Paisaje.
- 1988. UNAM. Curso "Restauración de Monumentos en Italia en la última década".
- 1987-1988. Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía " Manuel del Castillo Negrete". Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. **Maestría en Arquitectura con especialización en Restauración de Monumentos. 2003**
- 1989-1991. Centre d'Etudes Superieures d' Histoire et de Conservation des Monuments Anciens. Palais de Chaillot, París, Francia. Especialización. No diplomada.
- 2004-2006 Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía, Historia y Letras. Universidad del Salvador. **3° año de Doctorado. En proceso**
- 2008-2010 Doctorando en Estudios Urbanos. UAM-A.

• **Actividad Profesional**

- 1981/82 Estudio del Arq. Héctor Meza. Arq. Colaborador en el Centro Regional Bancario "BANCOMER", en Guadalajara, Jalisco. México, D.F..
- 1984/85 FONDO NACIONAL PARA LAS HABITACIONES POPULARES (FONHAPO). Técnico Analista en el Departamento de Estudios Inmobiliarios. Dirección de Desarrollo Inmobiliario. México, D.F..
- 1985-1986 Estudio del Arq. Luís Vicente Flores Suárez. Arq. Asociado. Proyectos de Renovación y Vivienda Nueva (9proyectos). Programa para los inmuebles afectados por el sismo de 1985. Colonia Guerrero. México D.F. **RENOVACIÓN HABITACIONAL POPULAR.**
- 1985/1986 Antecedentes Históricos para la Renovación del Eje Peatonal Talavera-La Santísima. Centro Histórico de la Ciudad de México. México, D.F..
- 1985/1988 Arq. Asociado en Programa Parcial Desarrollo Urbano del Centro Histórico de Tlaxcala. Tlaxcala, México. Programa de Reestructuración de Barrios: Asturias, Ampliación Asturias, Paulino Navarro y Vista Alegre. Delegación Cuauhtémoc. México, D.F. México. Plano Base y Plano Guía para el Municipio de Atizapán de Zaragoza. Estado de México. México. Ordenamiento del Sistema de Recolección de Basura para el Municipio de Ecatepec de

MARÍA DEL CARMEN BERNÁRDEZ DE LA GRANJA / CURRICULUM VITAE

Morelos. Estado de México. México. Esquema Urbano Regional de la Conurbación Puebla-Tlaxcala, México. Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Centro Histórico de la Ciudad de Oaxaca de Juárez. Oaxaca. México. Estudio del Arq. Oscar Terrazas Revilla.

-1989-1990. Colaborador en Proyecto Chateau de La Grange Club de Golf. Restauración y adecuación del edificio principal y anexos. Proyecto Chateau Fontenay Hotel. Restauración y adecuación del Edificio. Estudio de Arch. Jean Pierre Heim. Paris. Francia

-1990/1991. Colaborador en Proyectos de Restauración de Viviendas S.XVII-XVIII en Le Marais. y Proyectos de Vivienda Nueva. Estudio de Arch. Regine Bensadon. Paris Francia

- Enero 1992/Agosto 1993. Contratada por INECO S.A Co-autora del Proyecto de Unificación de Soluciones Urbanas y Arquitectónicas para el Pasillo Verde Ferroviario de Madrid, España.

-1994/1996. Colaborador en Análisis de Terrenos Ferroviarios y Operaciones Ferrouurbanísticas en la Ciudad de Buenos Aires. Ferrocarriles Nacionales Argentinos. Estudio del Arq. Pedro Conrado Sonderéguer. Buenos Aires Argentina.

-1997. Proyecto Edificio para Oficinas y Taller. Sur 127. Ermita Iztapalapa, DF. Comitente Sra.Susana Bartolucci..

-1997. Plan Parcial para la zona de Temixco - Xochitepec. Cuernavaca. Morelos. En colaboración con el Arq. Oscar Terrazas Revilla. México..

- 1998. Programa Integral de Ordenación de Paraderos. SEDUVI. Gobierno del Distrito Federal.

- 1998-1999. Programa Parcial de Desarrollo Urbano para las colonias Atlampa, Santa María Insurgentes y Santa María la Ribera. Casa y Ciudad A.C. SEDUVI. Arquitecto Asociado. Coordinador de: Patrimonio Histórico, Imagen Urbana y Espacio Público. Impacto Urbano de la Reactivación de la Estación de Buenavista. Casa y Ciudad, A.C., Arquitecto Asociado.

- 1998. Catálogo de Monumentos en 52 Manzanas en la Colonia San Rafael. Del. Cuauhtémoc. Sitios Patrimoniales y Monumentos. México. CONTRATO No. DGDU/C.A.S.-051/98,.

Asesor Técnico y Revisión Técnica Final de los siguientes Catálogos de Monumentos:

- 1998. Catálogo de Monumentos en 116 Manzanas en la Colonia Santa María la Ribera. Del. Cuauhtémoc. Sitios Patrimoniales y Monumentos. México. 1998. Arq. Francisco Martínez Carranza. CONTRATO No. DGDU/C.A.S.-053/98

- 1998. Catálogo de Monumentos en 16 Manzanas en la Colonia Guerrero. Del. Cuauhtémoc. Sitios Patrimoniales y Monumentos. México. 1998. Arq. José Antonio Ochoa Acosta. CONTRATO No. DGDU/C.A.S.-052/98

- 1998. Catálogo de Monumentos en 41 Manzanas en las Colonias Buenavista y Tabacalera. Del. Cuauhtémoc. Sitios Patrimoniales y Monumentos. México. 1998. Arq. Héctor Rafael Ramos Castrejón. CONTRATO No. DGDU/C.A.S.-054/98

- Enero/Abril 1999. Base de Datos Urbanos de la Zona Metropolitana del Valle de México, aplicados a la planeación del Metro y Trenes Ligeros. Análisis de Movilidad. Carga, Autobuses, Automóviles y Transporte Público. Región Centro del País, Zona Urbana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de México. En colaboración con el Arq. Oscar Terrazas Revilla..

- 1999. Levantamiento Arquitectónico y de Deterioros del inmueble ubicado en Guatemala N°

MARÍA DEL CARMEN BERNÁRDEZ DE LA GRANJA / CURRICULUM VITAE

22, Centro Histórico Cd. De México, para el Fideicomiso del Centro Histórico. .

- 1999. Dictamen de Deterioros del Inmueble ubicado en Corregidora N° 59. Centro Histórico CD. De México. Para el Fideicomiso del Centro Histórico..

- 2000. Estudio de Reactivación de la Estación de Buenavista y sus Entornos. Para Servicios Metropolitanos, S.A. de C.V., Gobierno de la Ciudad de México.

- 2000-2001. Estudio Urbano y análisis de factibilidad de intervención en inmuebles patrimoniales y siglo XX de la zona denominada Plaza del Aguilita. La Merced. Centro Histórico. Ciudad de México. Fideicomiso del Centro Histórico de la Ciudad de México.

- 2005. Proyecto de remodelación de departamento Familia Silberman Scazioto. Ferrari 258 P.B. "C". Buenos Aires Argentina.

- 2007-2008. Centros de Cultura para la Conservación. Parque Nacional de Pico de Orizaba. CONANP/UAM- A

- 2010-2011. Estudio de Diagnóstico propuestas para el Mejoramiento Urbano de la Colonia Tlaxpana. Delegación Miguel Hidalgo/UAM- A

- 2012. Proyecto de remodelación Casa Mariana Bernárdez. Monte Himalaya 1005 esq. Monte Tauro. Lomas de Chapultepec.

• Actividad docente

-Profesor Asociado "D" tiempo completo en el Departamento de Evaluación del Diseño en el Tiempo, División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México. 1988-1989;1997-2011.

-Profesor Titular "C" tiempo Completo en el Departamento de Evaluación del Diseño en el Tiempo, División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco , México

2011 a la fecha.

• Actividad de gestión universitaria

-Jefa del Área de Estudios Urbanos. Departamento de Evaluación del Diseño en el Tiempo. División de ciencias y Artes para el Diseño UAM Azcapotzalco.octubre 2007 a la fecha.

• Investigación

-Plan Parcial de Desarrollo Urbano para San Miguel Teotongo, D.F. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 1985.

-Proyecto de Restauración del Ex-Convento de La Merced. Ciudad de México. Tesis de Maestría. Arq. María del Carmen Bernárdez de la Granja. Director: Dr. Juan Benito Artigas. Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete". Instituto Nacional de Antropología e Historia. 2003.

-Rehabilitación de la Zona de las Antiguas Bodegas de La Merced. Complejo Cultural. UAM-A.

MARÍA DEL CARMEN BERNÁRDEZ DE LA GRANJA / CURRICULUM VITAE

Depto de Evaluación del Diseño en el Tiempo. 2000-2003

-El eje Reforma. Investigación en proceso dentro del proyecto colectivo de investigación La Ciudad de los Caminos 2007-2011.

-La Huella del Agua en Buenos Aires y Ciudad de México, desarrollada con el equipo de la Universidad Nacional de Lanús, Buenos Aires Argentina, 2008-2010.

-La Huella del Agua. Ciudad de México Siglo XX. Acueducto de Xochimilco y Sistema Lerma. Tesis de Doctorado. En proceso. 2008-2011.

-Centro Histórico de la Ciudad de México. Procesos de Transformación Urbana y Gentrificación 2000-2010. Desarrollada con la Red Académica de la Universidad de Quebec en Montreal. Dra. Helene Belanger. En proceso.

• Investigación Aplicada y Convenios

-Ferrocarril de Cuernavaca. Convenio UAM-Delegación Miguel Hidalgo, Ciudad de México, México D.F. 2001

-Manual para la incorporación de suelo a programas de vivienda. Convenio UAM-SEDESOL 211532278. México. Octubre 2002/ Enero 2003.

-Proyecto Observatorio Urbano Ambiental UNLa/Mercado Central de Buenos Aires. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. Ministerio de Economía y Producción de la Nación. Secretaría de Política Económica. Unidad de Preinversión (UNPRE), Programa Multisectorial De Preinversión II .Préstamo BID 925 Oc-Ar. Universidad Nacional de Lanús. Buenos Aires, Argentina. Consultor Sistema de Información Geográfica y Conservación del Patrimonio. Argentina Abril-Octubre 2003

-Lineamientos para la Conformación de un Corredor Multimodal de Transporte Puerto de Buenos Aires - Mercado Central - Aeropuerto de Ezeiza. Mercado Central de Buenos Aires como Cabecera Multimodal de Transporte de Carga (Fluvial, Automotor, Ferroviario). Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. Ministerio de Economía y Producción de la Nación. Secretaria de Política Económica. Unidad de Preinversión (UNPRE). Programa Multisectorial De Preinversión II. Préstamo BID 925 Oc-Ar. Estudio 1.EE.131. Consultor Coordinador. Buenos Aires, Argentina. Abril/Noviembre 2006.

- Centros de Cultura para la Conservación. Parque Nacional Pico de Orizaba. 2007-2008. Convenio UAM/CONANP. UAM proyecto 25410161, Convenio 207055.

- Estudio de Diagnóstico y Propuestas de Mejoramiento Urbano para la Colonia Tlaxpana. Delegación Miguel Hidalgo. 2010-2011.

• Premios/Becas

-La Huella del Agua. Buenos Aires-México. Premio Beca de Investigación, entregado en la VI Bienal en Lisboa 28 de abril-2 de mayo de 2008. (Trabajo final entregado en la VII Bienal en Medellín, octubre 2010).

-Beca para estudios de posgrado de calidad PROMEP. Junio 2013-mayo 2014.

• **Publicaciones**

-Co-directora de la revista TRAZA, publicación bimestral de arquitectura, editada conjuntamente con el periódico UnomasUno. 1982-1986.

-Organismos financieros de Vivienda. Cuadernos N° 6, Ediciones Casa y Ciudad., México, 1985.

-Reformas a la Legislación Inquilinaria, Folletos N° 2, Ediciones Casa y Ciudad, México, 1985.

- Coeditor del *Anuario de Espacios Urbanos 2000*. Departamento de Evaluación del Diseño. UAM- A.

- Miembro del Consejo Editorial del Anuario de Espacios Urbanos desde 2000.

- “Las Lomas de Chapultepec. La expansión hacia el poniente”. *Anuario de Espacios Urbanos 2007*, UAM-A.

-Coeditor del *Anuario de Espacios Urbanos 2010*. Departamento de Evaluación del Diseño. UAM-A.

“Modernidad, agua territorio. El Sistema Lerma”. *Anuario de Espacios Urbanos 2010*, UAM-A. 2010

“El Acueducto de Xochimilco” en *Villes en Parallele 45-46 Paris-Mexico en reflet*. Laboratoire de Geographie Urbaine/ UAM-A, Paris X-Nanterre. Julio 2012

“El Puerto de Veracruz” en *Villes en Parallele 47-48, Carthagène-Veracruz villes-port dans la mondialisation*, Laboratoire de Geographie Urbaine/UAM-A, Paris X-Nanterre. diciembre 2013.

“La Merced. Centro y periferia” en *Barrios y periferia. Espacios socioculturales, siglos XVI-XXI*, Marcela Dávalos López y Maria del Pilar Iracheta (coord.) El Colegio Mexiquense, 2015

• **Idiomas**

- Francés (lee, escribe, habla)
- Inglés (lee, escribe)