

# Acueducto Chapala-Guadalajara

Raúl Flores Berrones<sup>1</sup>

Dirección General de Captaciones y Conducciones de Agua, SARH

*La ciudad de Guadalajara cuenta actualmente con cerca de tres y medio millones de habitantes. En virtud de que el suministro de agua es un servicio indispensable para el adecuado desarrollo y crecimiento de esta ciudad, desde hace algunos años tanto las autoridades estatales como las federales habían dedicado especial atención a identificar fuentes de abastecimiento de agua que reunieran las siguientes características para el mediano y el largo plazos: calidad apropiada para el consumo humano, volumen suficiente para garantizar una dotación media de 300 l/hab/día y un costo relativamente económico por metro cúbico. Entre las diversas opciones estudiadas, la que más se apegaba a tales requisitos era la laguna de Chapala, cuyo aprovechamiento requería de un acueducto de 42 km de longitud. En este artículo se hace una breve reseña acerca del suministro de agua a la ciudad de Guadalajara, se describen las opciones consideradas antes de tomar la decisión de construir el acueducto Chapala-Guadalajara, se indican las obras más sobresalientes de éste y, finalmente, se mencionan los estudios para asegurar el abastecimiento a esa ciudad en el largo plazo, es decir, hasta el año 2010.*

## Antecedentes

El suministro de agua potable a la ciudad de Guadalajara se remonta a 1542, año en el cual se fundó esa localidad en el Valle de Atemajac; las principales fuentes de abastecimiento en aquella época eran el río San Juan de Dios y algunos pozos artesianos del acuífero de Atemajac. Más tarde, a medida que aumentó la población y sus demandas, se localizaron y construyeron nuevas fuentes de captación, como las de los Colomos, Agua Azul, San Andrés y Mexicalzingo, que permitieron satisfacer parcialmente dichas necesidades (véase ilustración 1).

En las décadas de 1940 y 1950, el gobierno federal construyó y puso en operación el alumbramiento de las aguas subterráneas del Valle de Tesistán, con el fin de proporcionar a la ciudad un volumen adicional de 300 l/s, y se inició la extracción del agua del Lago de Chapala por medio del río Santiago y la presa derivadora Corona. Esta presa permite aprovechar los canales de Atequiza y las Pintas hasta la presa Calera, desde la cual se bombea agua para llevarla a una planta potabili-

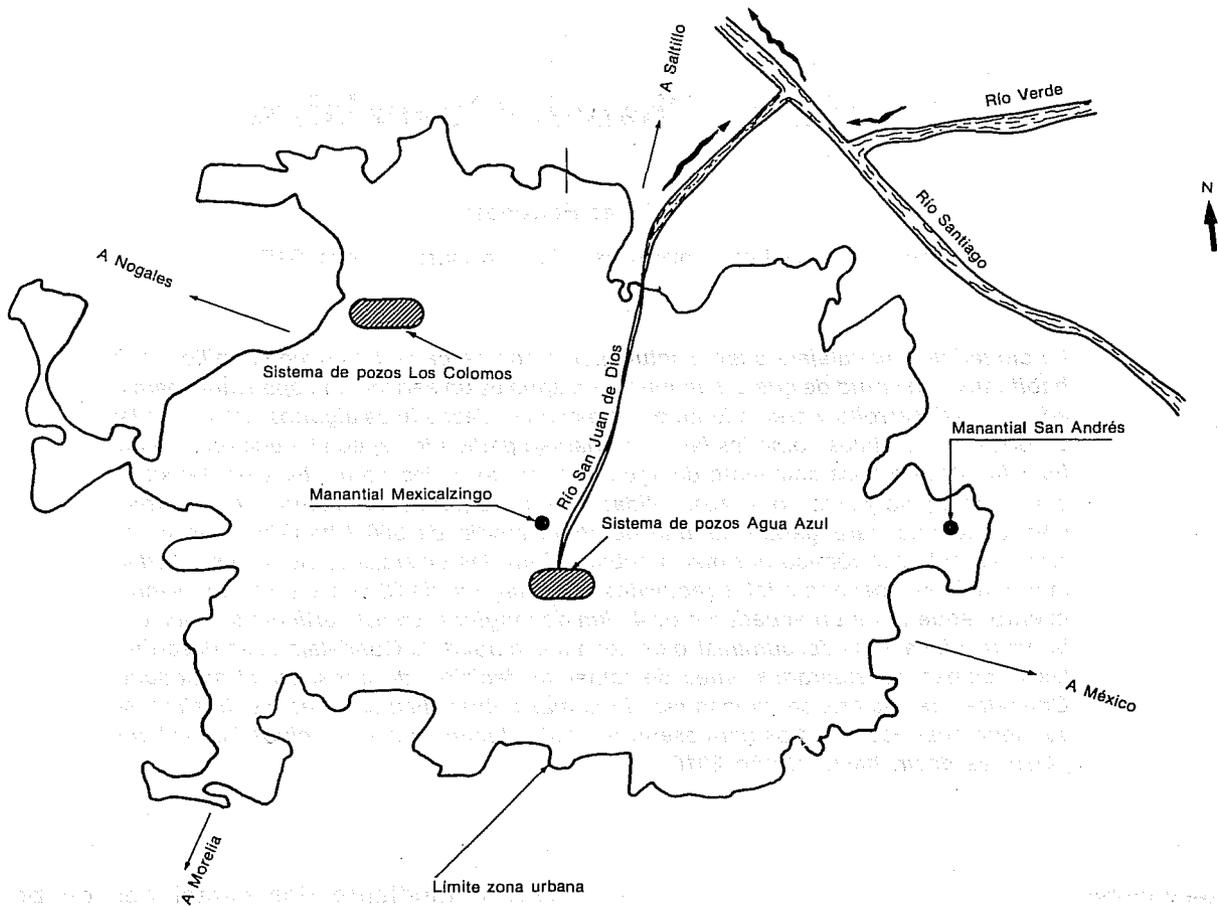
zadora mediante dos estaciones de bombeo (véase ilustración 2).

A finales de los años de 1979 y 1984 la ciudad contaba con un suministro de agua potable de 7 691 y 9 650 l/s, respectivamente, provenientes de varias fuentes (véase cuadro 1).

La población total beneficiada en los dos años de referencia era de alrededor de 2.6 y 3.1 millones de habitantes, respectivamente, a los cuales correspondía una dotación media de 260 y 270 l/hab/día. Como se puede apreciar en el cuadro 1, en 1979 el volumen proveniente de aguas subterráneas era de 19%, mientras que en 1984 la proporción aumentó a 33%. Así mismo, el aprovechamiento de las aguas superficiales del Lago de Chapala representó el 81% y el 67% para los mismos años.

En un documento elaborado por la Comisión del Plan Nacional Hidráulico (CPNH, 1985), se establece una planeación para el año 2000 con dos tendencias de crecimiento demográfico: la superior, de 7.0 millones de habitantes, con una tasa anual histórica promedio de 5.0% que requiere de un caudal de 24.3 m<sup>3</sup>/s; la inferior

1. Primeras fuentes de abastecimiento



(apoyada en el Consejo Nacional de Población), de 5.2 millones de habitantes, con una tasa promedio anual de 3.5%, que requiere de un gasto de 18.1 m<sup>3</sup>/s; en ambos casos se considera una demanda de 300 l/hab/día. De acuerdo con la Comisión mencionada (ahora Instituto Mexicano de Tecnología del Agua), la demanda industrial debe mantener un crecimiento uniforme, con una tasa media anual de 4.5%, lo cual significa que en el año 2000 la demanda por este concepto será de 4.9 m<sup>3</sup>/s, misma que se mantendrá constante hasta el año 2010 para seguir o implantar la política de reutilización del agua en la industria (CPNH, 1985).

Opciones para el suministro futuro

En el documento mencionado, la CPNH identificó diferentes fuentes de abastecimiento aprovechables para el año 2000; en el cuadro 2 se indican tanto las fuentes como los caudales susceptibles de utilizar y, se describen brevemente la localiza-

ción y las características principales de cada una (véase ilustración 3).

Sistema Tesistán-Atemajac

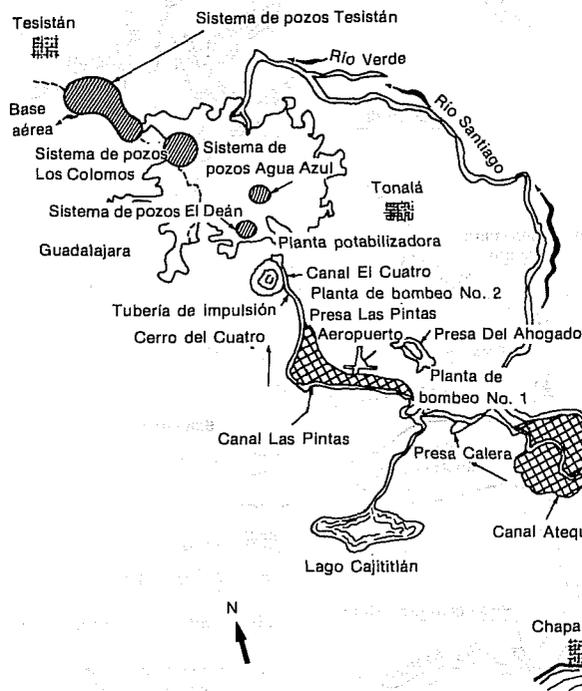
Este acuífero, que corre del norte al sureste de la ciudad de Guadalajara, se dividió en dos secciones para facilitar el abastecimiento de agua potable a esa localidad: Valle de Tesistán-área metropolitana y Valle de Toluquilla, cuyas extensiones son de 450 y 485 km<sup>2</sup>, respectivamente.

1. Fuentes de abastecimiento

Fuente	1979		1984	
	l/s	%	l/s	%
Sistema Lerma-Chapala-Santiago	6 195	81	6 500	67
Sistema Tesistán-Los Colomos-Agua Azul, El Deán y pozos diversos y Zapopan	1 496	19	3 150	33
<b>TOTALES</b>	<b>7 691</b>		<b>9 650</b>	

Se trata de un acuífero subexplotado, con una recarga vertical media anual de 141 millones de m<sup>3</sup> y una extracción de 123, cuya diferencia, sumada al flujo horizontal que llega a este manto da como resultado una disponibilidad de 66 millones de m<sup>3</sup> anuales para mantenerlo en equilibrio; este nivel de explotación se logrará mediante la localización de pozos, para obtener un caudal adicional de 2.0 m<sup>3</sup>/s. Actualmente, en el sistema de agua potable y alcantarillado de Guadalajara (SIAPA) se perfora una batería de 20 pozos en el Valle de Tesislán-área metropolitana, para extraer 1.5 m<sup>3</sup>/s, y se tiene programado perforar 20 pozos más en el Valle de Toluquilla para explotar un volumen de 0.5 m<sup>3</sup>/s. Por ser éste un sistema con una excelente calidad de agua (sólo necesita desinfección a base de cloro) y relativamente cercano a los centros de consumo, el costo por metro cúbico resulta el más económico de todas las fuentes consideradas (\$20.00 por metro cúbico a precios de diciembre de 1986)<sup>2</sup>, situación que ubica a esta fuente como prioritaria en cuanto a su explotación.

**2. Sistema actual**



**2. Fuentes de abastecimiento futuras**

Fuente de abastecimiento	Caudales en m <sup>3</sup> /s	Costos/m <sup>3</sup> estimados*
1. Sistema Tesislán-Atemajac	2.0	\$ 20.00
2. Acuífero San Marcos**	1.0	125.00
3. Acuífero Ameca-Ahualulco	5.0	120.00
4. Lago de Chapala: Acueducto Chapala-Guadalajara	12.2	60.00
5. Río Calderón	1.6	80.00
6. Río Verde		
a) El Purgatorio-Guadalajara	2.0	155.00
b) Presa La Zurda	14.0	110.00
7. Río Juchipila	5.9	130.00
8. Proyecto Hueyapantli,** 1ª etapa	7.0	90.00

\*Precios estimados de diciembre de 1986.  
 \*\*Aunque estos proyectos no se mencionan en el estudio realizado en 1985 por la CPNH, se incluyen en este cuadro para presentar información actualizada. (Véase ilustración 3.)

**Acuífero San Marcos**

Se encuentra situado al suroeste de la ciudad de Guadalajara, aproximadamente a 30 km del Cerro del Cuatro. Su volumen de recarga media anual es de 47 millones de m<sup>3</sup> en una superficie de 1 100 km<sup>2</sup>; debido a que el volumen de extracción anual es de sólo 16 millones de m<sup>3</sup>, existe una disponibilidad de 31 millones de m<sup>3</sup>, lo que representa un caudal explotable de 1 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, el

Población año 1984 .....	3 094 700 habitantes
Caudal medio suministrado .....	9,650 l/s
Dotación media suministrada .....	208 LHD
<b>Fuentes de abastecimiento</b>	
Aguas subterráneas: acuífero Tesislán-Atemajac	
Sistemas: Tesislán, Los Colomos, Agua Azul, El Deán	
Pozos diversos y Zapopan .....	3 150 l/s
Aguas superficiales: Lago de Chapala	
Sistema: Lerma-Chapala-Santiago .....	6 500 l/s
Suma: .....	9 650 l/s

aprovechamiento del agua de este acuífero presenta problemas de salinidad que implican costos muy altos, por lo que ya no se contempla como fuente de abastecimiento.

**Ameca-Ahualulco**

Este sistema se localiza a 79 km al suroeste de Guadalajara, en las inmediaciones de Ameca y Ahualulco y comprende los valles de estas poblaciones, además de los de Magdalena y Etzatlán, todos ellos ubicados en la Altiplanicie Mexicana, aproximadamente 300 m por debajo de la elevación media de Guadalajara, que es de 1500 msnm. Tomando en cuenta su recarga media anual y las extracciones, su disponibilidad es de 5.0 m<sup>3</sup>/s, sin rebasar las condiciones de equilibrio. Debido a su lejanía de la ciudad de Guadalajara y a la carga de bombeo total de 401.4 m, el costo comparativo por metro cúbico por concepto de energía eléctrica se ha calculado aproximadamente en \$120.00.

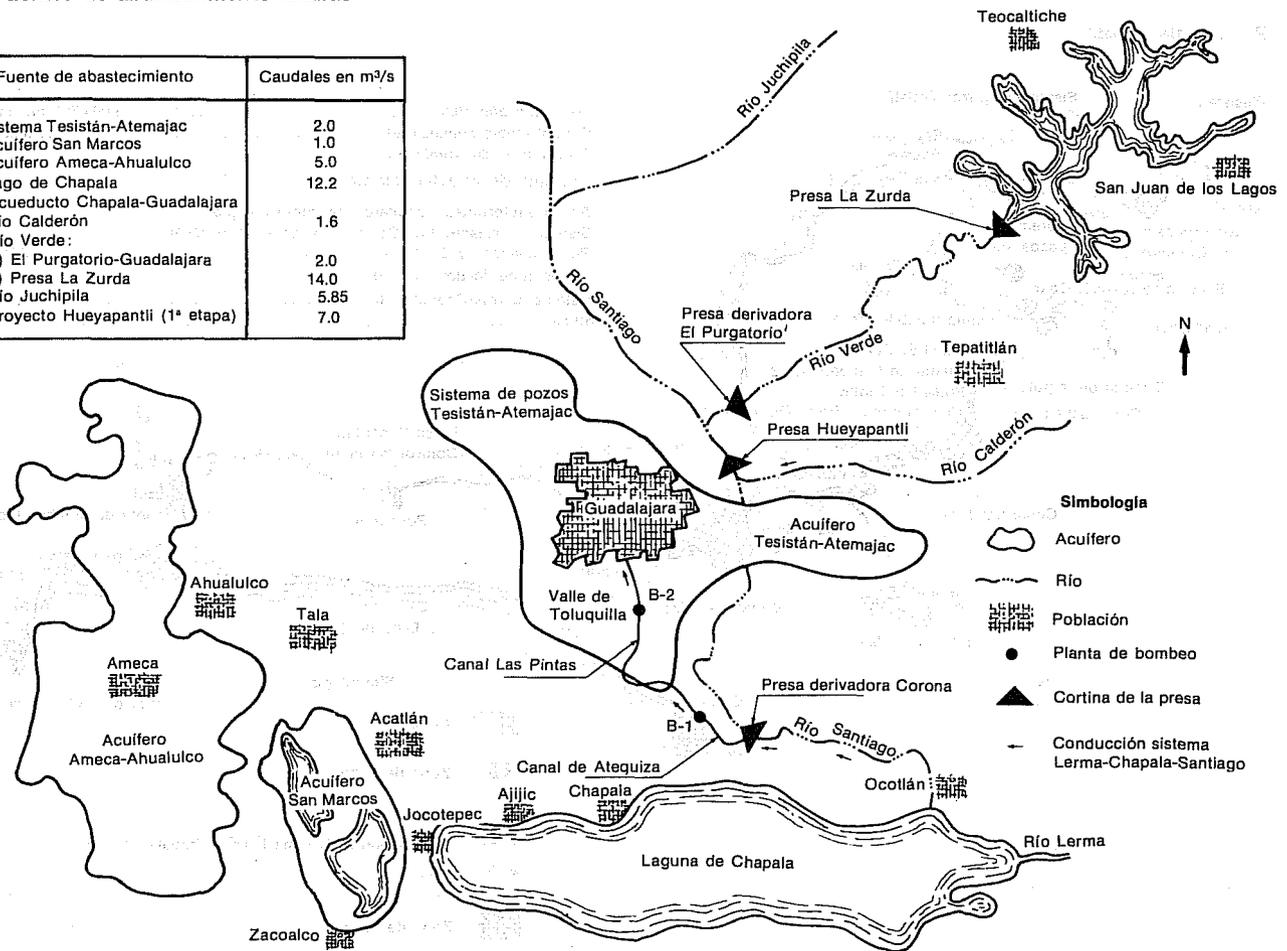
**Lago de Chapala**

Es un vaso natural de agua dulce que cubre un área de 1141 km<sup>2</sup> y constituye un factor importante para el clima, la ecología y el atractivo turístico de la región. El lago recibe dos aportaciones: una proveniente de su propia cuenca y la otra del río Lerma. La precipitación anual de ésta, cuya extensión es de 38 400 km<sup>2</sup>, alcanza un promedio de 700 mm, lo que significa un volumen de lluvia de aproximadamente 27 000 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales escurre cerca del 13% (alrededor de 3 500 m<sup>3</sup>); sin embargo, existen aprovechamientos aguas arriba de la entrada al Lago de Chapala (440 000 hectáreas de riego), los cuales ocasionan que el volumen de esa cuenca que ingresa al lago sea de sólo 1 030 millones de m<sup>3</sup>.

Respecto a la contribución proveniente de su propia cuenca, que tiene una extensión aproximada de 9 000 km<sup>2</sup>, de un volumen promedio de lluvia anual de 7 200 millones de m<sup>3</sup>, el lago capta solamente 730 millones; del volumen restante, el

**3. Fuentes de abastecimiento futuras**

Fuente de abastecimiento	Caudales en m <sup>3</sup> /s
Sistema Tesistán-Atemajac	2.0
Acuífero San Marcos	1.0
Acuífero Ameca-Ahualulco	5.0
Lago de Chapala	12.2
Acueducto Chapala-Guadalajara	
Río Calderón	1.6
Río Verde:	
1) El Purgatorio-Guadalajara	2.0
2) Presa La Zurda	14.0
Río Juchipila	5.85
Proyecto Hueyapantli (1ª etapa)	7.0



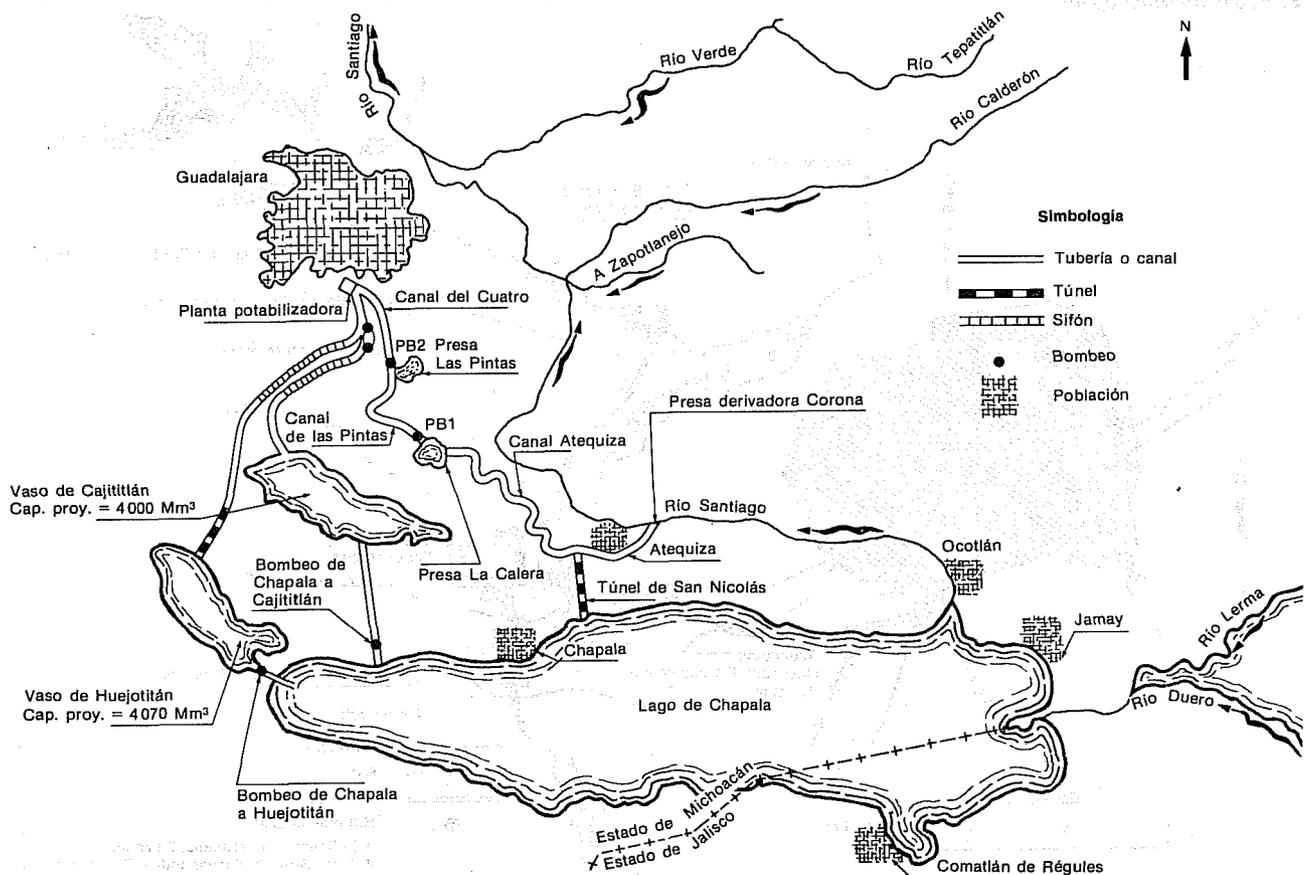
85% se evapotranspira, el 2% se infiltra y el 2.8% es aprovechado para riego. De esta manera, el lago recibe en total 1760 millones de m<sup>3</sup>, lo cual significa que su gasto promedio es de 56 m<sup>3</sup>/s.

Ahora bien, de acuerdo con el *Balance del Agua en el Lago de Chapala* (Garduño, 1985), en el cual se simula el funcionamiento mensual de esa fuente y se toma en cuenta el registro histórico de los escurrimientos y precipitaciones desde 1942, el lago puede aportar un gasto de 12.2 m<sup>3</sup>/s para el suministro de agua potable, aun si se consideran los periodos de sequía como el registrado de 1945 a 1957. Para garantizar dicho suministro se requeriría mantener la demanda actual (26.2 m<sup>3</sup>/s) de esta fuente para los diferentes usos y establecer una política de operación variable por periodos que considere tanto el nivel del lago al principio de cada uno de ellos como las entradas probables que se generan por escurrimiento durante el periodo correspondiente. Esta política permitirá satisfacer el 100% de la demanda de agua potable en cualquier momento y modificar el abastecimiento de agua para riego y la generación de energía eléctrica de acuerdo con las necesidades que se presentan.

Con objeto de lograr el aprovechamiento óptimo del lago, se estudiaron varias opciones que difieren entre sí por la ubicación del sitio de captación (para mejorar la calidad del agua extraída) y por la eficiencia de la conducción hasta el sitio de la planta potabilizadora, éstas son:

- Ampliación de la capacidad del sistema actual, conocido como Lerma-Chapala-Santiago, que incluye la presa Corona y los canales Atequiza y las Pintas. Esta opción presenta los siguientes inconvenientes:
  - a) El lugar de donde se extraería el agua (Ocotlán) es precisamente el sitio donde el lago está más contaminado (Amezcuca, 1985).
  - b) Por ser una conducción abierta, a lo largo del trayecto existen descargas muy importantes de desechos industriales y de aguas residuales altamente contaminadas.
  - c) Los canales de referencia se utilizan también para conducir aguas de riego.
- Construcción de un túnel cerca del poblado de San Nicolás (véase ilustración 4). Esta variante tiene el problema de una construcción complicada y costosa, en virtud de las condiciones geológicas desfavorables del sitio.

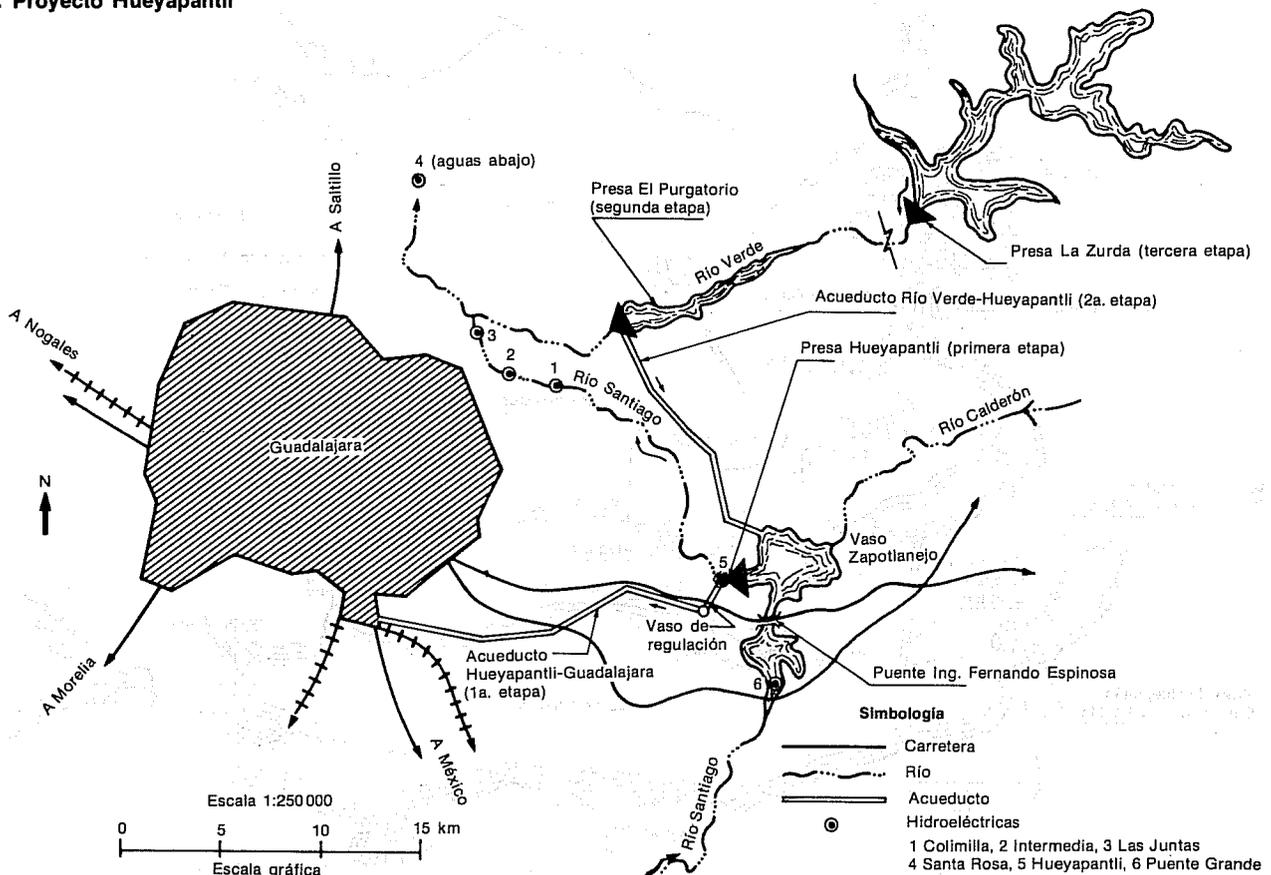
4. Opciones para enviar agua de Chapala a Guadalajara



- **Bombeo Chapala-Laguna de Cajititlán.** Consiste en considerar a la Laguna de Cajititlán (cuya capacidad es de 4000 millones de m<sup>3</sup>), como vaso de almacenamiento adicional al Lago de Chapala, para aprovechar los escurrimientos del río Lerma en épocas de abundancia. Sin embargo, geológicamente el lugar presenta un gran riesgo sísmico, ya que se localiza en una zona tectónica inestable; en el aspecto socioeconómico, se afectaría a una población de 14 000 habitantes y a una superficie de desarrollo agropecuario de 7 000 hectáreas.
- **Vaso de Huejotitán.** Esta variante consiste en formar un vaso adicional al Lago de Chapala en el Valle de Jocotepec, mediante el cierre de las puertas de entrada y salida con diques, para tener una capacidad de 4 070 millones de m<sup>3</sup>, pero el sitio no es recomendable desde el punto de vista geológico, debido a que existen fallas normales, por su localización en una zona de alta sismicidad; además, se afectaría a una población cercana a los 10 000 habitantes y a una superficie agropecuaria en desarrollo de 5 600 hectáreas.

- **Acueducto Chapala-Guadalajara.** Comprende la construcción de un acueducto cerrado, constituido por dos líneas de tuberías de concreto presforzado de 2.10 m de diámetro y de 42.6 km de longitud; la toma se ubicaría cerca del poblado de Santa Cruz de la Soledad, donde el agua tiene mejor calidad. Esta variante fue la que se consideró óptima para extraer los 12.2 m<sup>3</sup>/s, debido a que ofrece las ventajas siguientes:
  - a) Por tratarse de un conducto cerrado, impediría la contaminación del agua en su trayecto, lo cual garantizaría la calidad de ésta.
  - b) Se puede realizar por etapas, de manera que en el primer año de construcción podría disponerse de un gasto de 7.5 m<sup>3</sup>/s.
  - c) Después del sistema Tesislán-Atemajac, ésta es la opción que permite obtener el menor costo por metro cúbico (\$60.00).
- **Río Calderón.** Es afluente del río Santiago, al cual se une por su margen derecha aproximadamente 6 km al poniente de Zapotlanejo (véase ilustración 5); su cuenca tiene una extensión de 653 km<sup>2</sup> y una precipitación media anual de 870.6 mm. Para aprovechar sus escu-

5. Proyecto Hueyapantli



rrimientos sería necesario construir una presa de almacenamiento con una capacidad de 45 millones de  $m^3$ , en el poblado de Tinajeros, lo cual permitiría extraer un gasto de  $1.6 m^3/s$ , que se canalizaría al área metropolitana de Guadalajara para uso urbano-industrial. El costo de la obra sería cercano a los 12 000 millones de pesos, y el estimado por metro cúbico ascendería a \$80.00.

- Río Verde. En este caso se establecieron dos sitios de captación probables para aprovechar el escurrimiento del río: el primero, cercano a la confluencia con el Santiago, se denominó El Purgatorio, y el segundo, localizado 5 km aguas abajo de la confluencia con los ríos Jalostotitlán y San Miguel, se conoce como La Zurda. El volumen de escurrimiento en este último sitio es de 726 millones de  $m^3$  anuales, en una cuenca de 17 323  $km^2$ , superficie que representa el 84.5% del área total de la cuenca del río Verde.

Si se consideran los aprovechamientos actuales, las disponibilidades son de  $16.3 m^3/s$  hasta La Zurda y de  $23.2 m^3/s$  hasta la confluencia con el río Santiago; sin embargo, se han desarrollado proyectos de pequeña irrigación en esta zona que, de llevarse a la práctica, reducirían las disponibilidades a  $14.3 m^3/s$  y  $20.7 m^3/s$ , respectivamente.

La captación de agua en El Purgatorio requeriría de una inversión de 23 400 millones de pesos, lo que permitiría conducir un volumen de  $2 m^3/s$ , a un costo de \$155.00 por metro cúbico. En el caso de La Zurda, sería necesario construir una presa y conducir el agua a presión por canales, túneles y tuberías hasta el poblado de San Pedrito. Este método permitiría obtener un gasto de  $14.3 m^3/s$  y requeriría de una inversión de 210 000 millones de pesos, con lo cual el costo por metro cúbico sería de \$110.00.

- Río Juchipila. Afluente del Santiago, al que se une por su margen derecha, este río tiene una cuenca de 8 552  $km^2$ , de los cuales 1 010 corresponden al estado de Aguascalientes, 7 026 al de Zacatecas y 516 al de Jalisco. La precipitación media anual en la cuenca es de 649 mm y el escurrimiento medio anual alcanza 397 millones de  $m^3$ , cifra que incluye los aprovechamientos de toda la cuenca.

A fin de utilizar esta corriente, sería necesario construir una presa de almacenamiento con capacidad de 300 millones de  $m^3$ , en un sitio

localizado 1.5 km aguas arriba de la confluencia de los ríos Santiago y Juchipila; con esta presa se dispondría de un gasto promedio de  $5.85 m^3/s$ . Además, se requeriría de una conducción a presión de 45 km de longitud, varias estructuras de protección, una planta potabilizadora, así como vencer una carga de 800 m. El costo total de las obras sería de 110 000 millones de pesos, lo cual aunado a los altos costos de operación (por el bombeo requerido), hace que esta opción sea la menos idónea.

- Proyecto Hueyapantli. Además de las fuentes consideradas en el estudio realizado por la CPNH (Garduño, 1985), existe este interesante proyecto, que consiste en aprovechar las aguas de los ríos Santiago y Verde con fines multisectoriales y que consta de tres etapas.

La primera comprende la construcción de la presa Hueyapantli sobre el río Santiago, aguas abajo de su confluencia con el Calderón; de esta manera, podría abastecerse a la ciudad de Guadalajara con un caudal de  $7 m^3/s$ , para lo cual se requeriría construir una planta de bombeo, un acueducto de 15 km y una planta potabilizadora. En forma adicional, esta etapa se podría utilizar para generar energía eléctrica, mediante la construcción de una planta hidroeléctrica con capacidad máxima de 400 gwh/año. El costo total de las obras sería de 90 000 millones de pesos.

En una segunda etapa se construirían una presa de almacenamiento sobre el río Verde, 10 km aguas arriba de su confluencia con el Santiago; una conducción de aproximadamente 12 km, y un túnel de 5 km, para aprovechar un gasto cercano a los  $7 m^3/s$ . El costo de esta etapa ascendería a casi 76 200 millones de pesos.



Cimentación de la planta de bombeo

En la última se construiría la presa de almacenamiento La Zurda sobre el río Verde para controlar la corriente de éste y dejar escurrir el agua por el mismo cauce hasta la presa de la segunda etapa; de esta manera, se aprovecharían 11 m<sup>3</sup>/s para agua potable y se generarían 75 gwh/año adicionales. El costo correspondiente sería cercano a los 192 000 millones de pesos.

Para realizar este proyecto se deben resolver antes los graves problemas de contaminación de agua que se presentan desde el nacimiento del río Santiago y que se hacen más evidentes en el tramo comprendido entre la presa Corona y el sitio propuesto para la construcción del vaso de almacenamiento. Según los resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos de muestras de agua tomadas en la estación El Salto, del río Santiago (localizada aproximadamente 5 km aguas abajo de la confluencia con el arroyo El Ahogado), no es recomendable el aprovechamiento del agua de esta zona mediante su potabilización, si se consideran las normas del Reglamento de la Prevención y Control de Contaminación de Agua (*Diario Oficial*, 1973).

Esta recomendación es válida aun en el caso de que se apliquen los procesos de tratamiento convencionales, debido a que las aguas presentan altas concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fosfato), fenoles, plomo, grasas y aceites, así como de coliformes totales y fecales. Por lo anterior, se estima que estas aguas podrían utilizarse para consumo humano solamente si se someten a un tratamiento avanzado; ello implicaría el empleo de tecnología extranjera para el proceso de potabilización y, por tanto, el aumento del costo por metro cúbico.

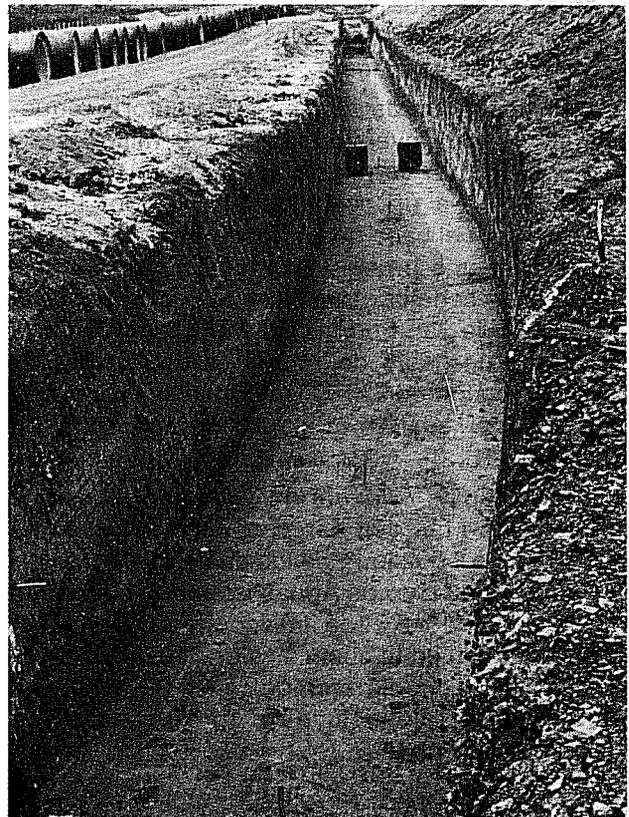
Por otro lado, este proyecto contempla disponer en buena parte de las aportaciones del Lago de Chapala y el río Calderón, mismas que ya se han considerado como otras fuentes potenciales de suministro.

#### Resumen de opciones

Fue posible determinar que la obra cuya construcción resulta más conveniente a corto y mediano plazos, tanto en lo referente a los usos actuales y futuros del agua como en lo relacionado al aspecto financiero, es el acueducto Chapala-Guadalajara. Se llegó a esto a partir del análisis de todas las opciones, de las fuentes futuras de abastecimiento, de la relación de oferta y demanda en Guadalajara y después de perforar y equipar los pozos del sistema Tesislán-Atemajac. Cabe aclarar que, paralelamente a la construcción de este acueducto, se deben realizar, entre otras, las siguientes acciones: controlar la calidad de las descargas al Lago de Chapala, lo mismo de las subcuencas localizadas aguas arriba que de los pueblos ribereños y de retornos agrícolas; sanear y rehabilitar el sistema denominado Canal Atequiza-Las Pintas actualmente en operación,



Instalación de tubería de concreto de 2.10 m de diámetro



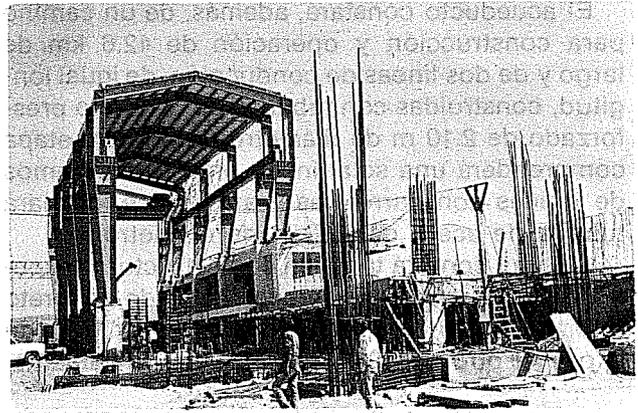
Preparación de la plantilla para recibir la tubería de concreto

para que sirva como sistema auxiliar de emergencia al nuevo acueducto y mantenga su contribución a la agricultura de riego, y efectuar los estudios y proyectos requeridos para el aprovechamiento de las otras fuentes en el mediano y largo plazos (véase ilustración 6).

**Acueducto Chapala-Guadalajara**

De acuerdo con el proyecto en estudio, este acueducto se localiza en la porción central del estado de Jalisco y abarca los municipios de Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Tlajomulco y Tlaquepaque. El objetivo principal de esta obra es optimizar el aprovechamiento del agua del Lago de Chapala, no sólo para suministrar agua en bloque a Guadalajara, sino también a la zona metropolitana de esa capital, que comprende los municipios de Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá.

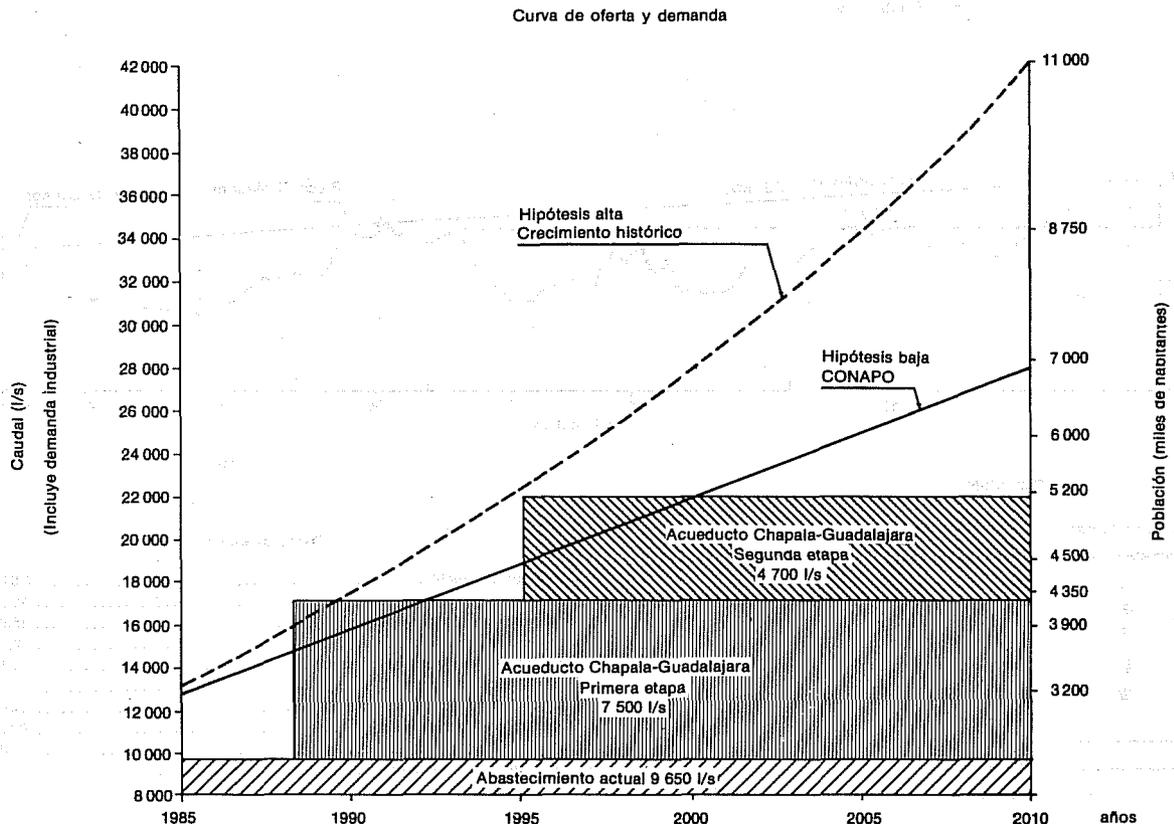
La construcción comprende dos etapas: la primera permitirá suministrar 7.5 m<sup>3</sup>/s y la segunda 5 m<sup>3</sup>/s adicionales; sin embargo, se prevé alcanzar una capacidad máxima de 15 m<sup>3</sup>/s. El acueducto se iniciará con un canal de llamada de 4 km de longitud (3 de los cuales se encontrarán dentro



PB-Acueducto Chapala-Guadalajara, Jal.

del Lago de Chapala) y una planta de bombeo con 12 equipos motor-bomba, que se ejecutará también en dos etapas: en una se construirán totalmente el cárcamo y la mitad de la casa de máquinas con 6 equipos de bombeo, así como una subestación eléctrica de 18 MVA con una línea de 20.5 km en doble circuito, desde el poblado de Atequiza hasta la planta de bombeo, mientras que en la otra se instalarán los 6 equipos de bombeo restantes, y una subestación eléctrica.

**6. Area metropolitana de Guadalajara**



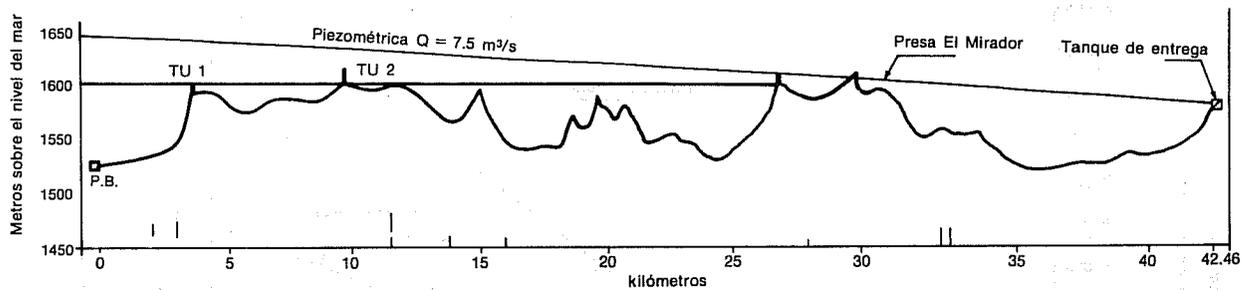
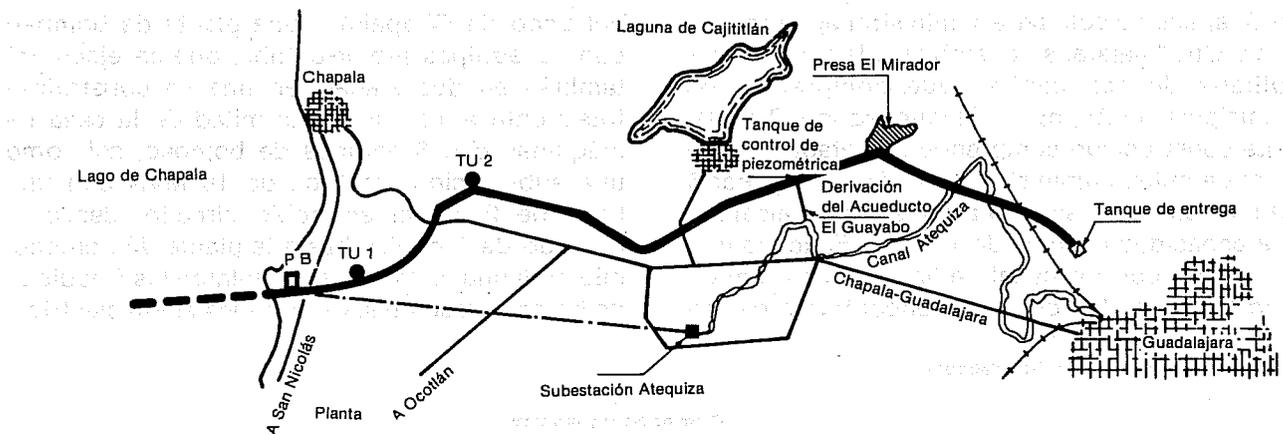
## Acueducto Chapala-Guadalajara

El acueducto constará, además, de un camino para construcción y operación de 42.6 km de largo y de dos líneas de conducción, de igual longitud, construidas con tuberías de concreto presforzado de 2.10 m de diámetro (la primera etapa comprenderá una sola línea); en algunos tramos de cruces con carreteras y arroyos se instalará tubería de acero de 2.10 m de diámetro.

La obra contará también con estructuras especiales: dos tanques unidireccionales de concreto reforzado, uno de 18 m de diámetro por 19 m de alto y el otro de 12 m por 23, respectivamente.

Además, en el kilómetro 30 del acueducto se construirá una presa, con la cual se logrará regularizar la operación del sistema y disponer de una reserva cuando se requiera dar mantenimiento al equipo de bombeo o al acueducto; esta presa tendrá una cortina de tierra de 14 m de alto por 150 m de largo, lo que permitirá lograr una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 3 millones de m<sup>3</sup>. El agua en bloque será entregada en una caja distribuidora cuya capacidad será de 500 m<sup>3</sup>. La ilustración 7 muestra la localización del acueducto y de sus estructuras principales.

### 7. Acueducto Chapala-Guadalajara y estructuras principales



#### Simbología

	Línea del acueducto
	Canal de llamada
	Planta de bombeo
	Tanque unidireccional
	Tanque de control
	Tanque de entrega
	Subestación Atequiza
	Canal Atequiza
	Línea de transmisión
	Carretera
	Ferrocarril

#### Datos generales

Población proyecto .....	3513 600 hab
Gasto medio de diseño .....	12.2 m <sup>3</sup> /s
Gasto máximo de proyecto .....	15.0 m <sup>3</sup> /s
Longitud del acueducto .....	42.46 km
Diámetro de las líneas de conducción .....	2.10 m
Etapas de construcción .....	2
Longitud de tubería de concreto .....	42.3 km
Longitud de tubería de acero .....	0.125 km
Desnivel estático máximo .....	90.68 m
Carga de bombeo máxima .....	138.0 m

A continuación se resumen las características básicas del proyecto, en particular las de su primera etapa (véase cuadro 3).

Cabe señalar que las obras se iniciaron en junio de 1984, con una erogación de 2 603 millones de pesos. En 1985 se ejercieron 3 623 millones de pesos, con lo que se logró un avance acumulado global del 37% para la primera etapa. Al año siguiente se autorizó una inversión de 8 272 millones de pesos, que equivale a un avance del 60% para esa misma etapa y, para septiembre de 1987 se tiene programado comenzar la operación del acueducto en sus primeros 26 km cuyas aguas serán descargadas en un canal denominado El Guayabo y, posteriormente serán derivadas al actual sistema de conducción Canal Atequiza-Las Pintas. La terminación de la primera etapa del acueducto está programada para mediados de 1988, para lo cual se requerirá de un presupuesto de 26 000 millones de pesos. El avance de las obras programadas a diciembre de 1986, se muestra en el cuadro 4.

### 3. Características principales del proyecto

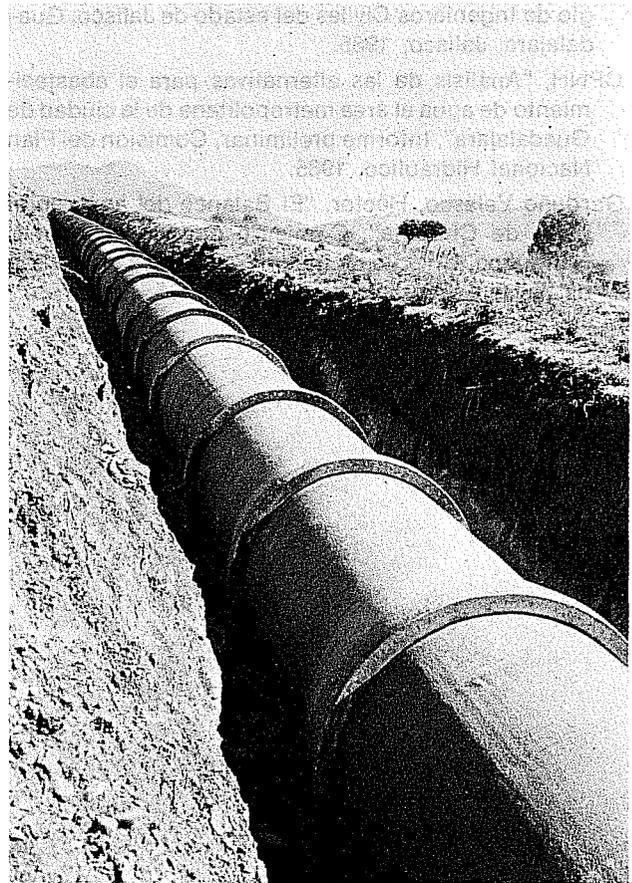
	Primera etapa	Segunda etapa
Gasto máximo del proyecto	15 m <sup>3</sup> /s	7.5 m <sup>3</sup> /s
No. de líneas	Dos líneas	Una línea
Gasto medio de diseño	12.2 m <sup>3</sup> /s	
Gasto de diseño por línea	7.5 m <sup>3</sup> /s	7.5 m <sup>3</sup> /s
Longitud del canal de llamada	4.0 km	1.3 km
Longitud del acueducto	42.6 km	42.6 km
Diámetro de las líneas de conducción	2.10 m	2.10 m
Longitud total de caminos	42.6 km	42.6 km
Planta de bombeo	1	1
Equipo motor bomba	12 unidades	6 unidades
Cámaras de aire	6 unidades	3 unidades
Tanques unidireccionales	4 unidades	2 unidades
Tanque de control piezométrica	2 unidades	1 unidad
Presa reguladora El Mirador	1 unidad	1 unidad
Tanque de entrega	1 unidad	1 unidad

### 4. Avance programado de las obras a diciembre de 1986

Canal de llamada	100%
Obra civil de la planta de bombeo	92%
Bombas, motores, válvulas y fontanería	96%
Subestación eléctrica	96%
Construcción de caminos	26.0 km
Construcción de línea de transmisión eléctrica	20.5 km
Suministro de tubería de concreto presforzado de 2.10 m de diámetro	21.5 km
Instalación de tubería de concreto presforzado	8.5 km

### Estudios para fuentes futuras

Una vez realizados los estudios preliminares, los anteproyectos y antepresupuestos de fuentes futuras, mediante un análisis de efectividad y costos se determinó que los proyectos para el aprovechamiento de los ríos Verde y Calderón eran los más indicados para satisfacer la demanda de agua potable en el largo plazo. De acuerdo con



Línea de conducción acueducto Chapala

las actividades programadas, a nivel de prefactibilidad se habrán definido los sitios de captación y las rutas de conducción de ambos proyectos, así como las características geométricas e hidráulicas de las líneas de conducción.

A fin de aprovechar el río Verde y en relación con el proyecto de la presa de almacenamiento La Zurda se han realizado los siguientes estudios: fotogramétrico, fotogeológico, geológico, geofísico, geológico-geofísico y para la opción del acueducto en túnel, el geológico-geotécnico. Por lo que se refiere al proyecto del río Calderón, los estudios ya terminados son: el fotogeológico para los diversos sitios de captación y líneas de conducción, y el geofísico en las boquillas Tinajeros, Chombos y Mezquite Chico.

### Referencias

Amezcuca Cerda, Jesús, "Calidad del agua en el Lago de Chapala", Centro de Estudios Limnológicos, Cole-

