



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

“PROPUESTA PARA EL MANEJO INTEGRAL
DEL AGUA EN EL ÁREA METROPOLITANA
EN GUADALAJARA, JALISCO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N**

**JOSÉ ENRIQUE RENDÓN LÓPEZ
GUILLERMO JACINTO RENDÓN GONZÁLEZ**



Director de Tesis: M. en I. AMALIA ADRIANA CAFAGGI FELIX

Guillermo Jacinto

José Enrique

Trabajo dedicado a

Al Ing. Luis G. Rendón Cerón †
A mi abuelita mami Guadalupe González Rodríguez †
A mis padres Ing. Leoncio Rendón Díaz †
María Luisa González González
Esposa e hijos: María Teresa, Marisol, Cesar
Guillermo, José Enrique, Teresa Guadalupe

Mis más cercanos amigos:
Ing. Fernando Abarca Ortega
Ing. José Campos Díaz
Lic. Justo Plascencia Ibarra

A mi compañero de tesis
José Enrique Rendón López

A mi bisabuelo Ing. Luís G. Rendón Cerón †, a mi
abuelo Ing. Leoncio Rendón Díaz † y a mi padre
Guillermo Jacinto Rendón González que han sido
mis mas grandes motivaciones para formar parte de
esta familia de ingenieros civiles que han contribuido
a mejorar este país con obras ingenieriles.

A mi madre Maria Teresa López Ruvalcaba.

Mis hermanos que siempre me apoyaron: Cesar,
Marisol y Teresa Guadalupe

A mis profesores que fueron mis guías del fascinante
mundo de la Hidráulica:
M.I. Manuel García Flores
M.I. Amalia Adriana Cafaggi Félix

A mi entrañable compañero de tesis:
Guillermo Jacinto Rendón González

A mi actual Dirigente político:
Diputada Mtra. Olga Araceli Gómez Flores

No sin antes mencionar a los integrantes de la
Banda Tierra Alteña

Y nuestro profundo agradecimiento

Director de tesis

M. I. Amalia Adriana Cafaggi Félix

Sinodales

M.I. Margarita Puebla Cadena
Ing. Marcos Trejo Hernández
M.I. Alejandro Sánchez Huerta
M.I. Héctor Sângines García

César Guillermo Rendón López
Con su ayuda fue posible realizar este trabajo

A nuestra universidad

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes

1.1	Reseña histórica del Área Metropolitana de Guadalajara.....	1
1.2	Descripción del Área Metropolitana de Guadalajara.	4
1.3	Reseña histórica del Abastecimiento de Agua al Área Metropolitana de Guadalajara.....	10

2. Situación actual de las fuentes de Abastecimiento, Distribución, Alcantarillado y Saneamiento del Agua en el Área Metropolitana de Guadalajara

2.1.	Situación actual del Abastecimiento del Agua del Área Metropolitana de Guadalajara.....	18
2.2.	Situación actual de la fuente de abastecimiento "Lago Chapala".....	22
2.3.	Situación actual del Sistema de Bombeo y Acueducto Línea I Chapala- Guadalajara	29
2.4.	Situación actual de la fuente de abastecimiento que representan los Acuíferos del Área Metropolitana de Guadalajara.	31
2.5.	Situación actual de la Presa Calderón	38
2.6.	Problemática actual del Sistema de Drenaje en el Área Metropolitana de Guadalajara.....	43
2.7.	Perdida de disponibilidad de agua por fugas en las redes de distribución..... en el Área Metropolitana de Guadalajara.	50
2.8.	Situación Actual de la contaminación del Sistema de Drenaje, Ríos,..... Arroyos y Cuerpos de Agua en el Área Metropolitana de Guadalajara.	52

3. Propuesta para la Solución Integral del Agua en el Área Metropolitana de Guadalajara

3.1.	Solución de fugas en las redes de distribución para el Área Metropolitana de Guadalajara.....	59
3.2.	Utilización del Agua Pluvial.....	64
3.3.	Reutilización del Agua Residual Tratada.....	69
3.4.	Propuesta de Plantas de Tratamiento de Agua Residual..... a lo del largo del río Santiago.	75

3.5. Beneficios del desazolve de Presas, Lagos y Cuerpos de Agua.....	78
3.6. Aprovechamiento de la Cuenca del Río Verde.....	80
3.7. Aprovechamiento hídrico de los Manantiales y Galerías Filtrantes..... del Área Metropolitana de Guadalajara.	101
3.8. Cultura del Agua	102
4. Conclusiones.....	105
Referencias.....	107

Introducción

La ingeniería civil, a través de sus conocimientos en hidráulica y saneamiento, enfrenta el reto de resolver con nuevos criterios el evidente quebranto que constituye la pérdida de disponibilidad del agua en el Área Metropolitana en Guadalajara, ya que resulta de suma importancia el cambiar totalmente la operación que actualmente se le da, y que con una visión futurista resuelva racionalmente y que ordene el manejo del agua integralmente. Esta área se caracteriza por ser una concentración de población que cada vez presenta mayores asentamientos urbanos, con las ventajas que trae consigo este núcleo en bienestar y progreso económico, social y cultural, pero con un límite de desequilibrio en el manejo del agua.



El Área Metropolitana en Guadalajara (AMG) es el tercer núcleo exponencial de desarrollo más importante en el país, a través de los años se ha venido consolidando como el sitio más adecuado para la inversión de las empresas trasnacionales en el occidente de México. Por tal situación es justificable contar con un manejo integral más adecuado, tanto para el abasto del vital líquido, como para el desalojo y tratamiento de las aguas residuales, al mismo tiempo que integrar y aprovechar la disposición del agua pluvial en esta área para las futuras generaciones.

Para el análisis y propuesta para el manejo integral del agua en el Área Metropolitana en Guadalajara Jalisco, el presente trabajo se dividió en cuatro capítulos, y una sección final con las referencias de los textos y artículos consultados, y para poder entender como ha sido el desarrollo de esta región a través del tiempo se destinaron los dos primeros capítulos. El primero trata de los antecedentes de esta área, subdividido en tres subtemas: el primero describe la historia de su formación como ciudad y su posterior transformación en área conurbada, el segundo su descripción geográfica, ambiental y su proceso económico, social, cultural y religioso, en el tercero se hace una reseña histórica de su abastecimiento.

En el segundo capítulo se divide en ocho subcapítulos que describen la situación de su abastecimiento del agua, la fuente de abastecimiento Lago Chapala, del Sistema de Bombeo y Acueducto Línea I Chapala - Guadalajara, la fuente de abastecimiento que representan los Acuíferos del Área Metropolitana, la Presa Calderón, del Sistema de Drenaje en el Área Metropolitana, la pérdida de disponibilidad de agua por fugas en las redes de distribución, la contaminación del Sistema de Drenaje, Ríos, Arroyos y Cuerpos de Agua.

En el tercer capítulo se presenta la propuesta de solución para los ocho aspectos, que son: fugas en las redes de distribución, utilización del agua pluvial, reutilización del agua residual tratada, ubicación de plantas de tratamiento de agua residual a lo largo del Río Santiago, beneficios del desazolve de presas, lagos y cuerpos de agua, aprovechamiento de la cuenca del Río Verde, aprovechamiento hídrico de los manantiales y galerías filtrantes y por último perspectiva de la cultura del agua.

Al cuarto capítulo le corresponden las conclusiones de este trabajo.

En este trabajo analizamos, desde nuestro particular punto de vista, el funcionamiento de las dependencias a cargo del cuidado y atención del agua, recurso de vital importancia para cualquier país. Creemos que las soluciones efectivas se encuentran muy lejos de las decisiones y orientaciones que los organismos gubernamentales, federales estatales y municipales han aplicado cotidianamente. El presente trabajo refleja mucho de lo que falta por hacer desde la raíz de las dependencias que se encuentran a cargo del manejo de este bien público, y cuyo rezago es palpable cada día en el Área Metropolitana en la Ciudad de Guadalajara.

1.1 Reseña histórica del Área Metropolitana de Guadalajara

La ciudad de Guadalajara pertenece al occidente mexicano, y es fundada durante la conquista española, como capital del reino autónomo de la Nueva Galicia, (1531) tuvo 4 sitios antes de asentarse en lo que es hoy Guadalajara, la primera Nochistlán (Zacatecas), la segunda Tonalá (Jalisco), la tercera a orilla de del Río Santiago (Ixtlahuacán del Río) y finalmente en donde hoy se encuentra el “Teatro Degollado” (1542) y denominado Valle de Atemajac.

Previamente a la llegada de los españoles a la región del Occidente de México, ésta se encontraba habitada por los tarascos o purépechas y otros pueblos, entre los que se encontraban cazcanes, cocas, coras, guachichiles, huicholes, nahuas, otomíes, sayultecos, tecos, tecuexes, tepehuanes, etc.



Puente San Juan de Dios.

Los aspectos más sobresalientes de una ciudad que en sus diferentes épocas ha tenido un especial acento que la distingue desde su origen hasta la actualidad. Su desarrollo durante los siglos XVI y XVII es influenciada en cierta medida por el modelo que se llevaba en los centros de población europeos, por su dependencia como colonia, al mismo tiempo que se establecían las actividades de agricultura, ganadería y la minería con el comercio cotidiano de la población.

Lo más notable durante el siglo XVI es el establecimiento de un lenguaje común, la mayoría de sus habitantes eran indígenas con lenguajes diversos, para lograrlo se oficializo el náhuatl, que incluyo a los colonizadores para facilitar el entendimiento para los pobladores de esta región. De 1613-1617 se construye el puente sobre el río San Juan de Dios para tener una ruta hacia la ciudad de México, las actividades que se establecen son la minería, la agricultura, ganadería y el comercio.

Durante el inicio del siglo XVII la población se vio en la necesidad de contar con un sistema de agua, para lo que requirió del arquitecto radicado en la ciudad de México, fray Pedro Antonio Buzeta, especialista en esas obras y que realizo el primer acueducto iniciando en 1731 y el cual concluyo en 1740. La primera universidad instituida por Antonio Alcalde en esta región en 1775 con La Sede de la Real y Literaria Universidad de Guadalajara, en 1793 se tiene la primera imprenta en la ciudad y el servicio mensual de diligencias Guadalajara - México (12 días de travesía).

En el año de 1800 la capital tapatía contaba con 334 manzanas, se levantó en 1803 el censo que arrojó 34,697 habitantes para la capital tapatía.

Consumada la independencia en 1821, la provincia de Guadalajara se integro al establecimiento del sistema republicano federal, constituyendo el estado libre de Jalisco, en 1834 se opusieron al centralismo y en contra del federalismo, la ciudad mantenía un rezago en su urbanismo y hasta 1846 cuando el federalismo triunfo en todo el país se estableció un avance en su infraestructura urbana de Guadalajara, a partir de un crecimiento demográfico importante, figurando como el centro comercial de más consumo en el occidente del país, hasta el inicio de los conflictos entre liberales y conservadores que produjo el establecimiento del imperio de Maximiliano, transcurrió el proceso del imperio, su liberación para entrar en la etapa de la administración de Porfirio Díaz, refleja un crecimiento en todos los ámbitos por ser esta una etapa de tranquilidad política, y sin conflictos bélicos. Se inauguró el ferrocarril Guadalajara-Irapuato-México y se fundó la Cámara de Comercio de Jalisco en 1888, durante la revolución de 1910 la economía decayó y la ciudad de Guadalajara se activó hasta 1920, cuando existió un auge en la industria en esta región destacando los productos de tocador, maderero, metalurgia y despuntando la de los aceites, alcoholes, azúcares y calzado.

El evento más importante en 1942 fue los 400 años de la ciudad, con la inauguración de los arcos de Guadalajara, en 1950 reflejo de una ciudad en sus mejores momentos de desarrollo, se construye la central camionera de occidente.

En 1960 inició sus funciones la Nueva Estación del Ferrocarril. El censo de este año arrojó para el Estado 2'443,261 habitantes, de los cuales 850,000 correspondían a su capital.

En esta época, en la capital tapatía, la mancha urbana abarcaba sólo tres mil hectáreas. Para 1961 comprendía cerca de 10 mil hectáreas y estaba próxima la anexión de Guadalajara con Zapopan... "La ciudad se encaminaba a ser metrópoli".

"Tan simple como lo siguiente". De menos de dos mil establecimientos en los 30's, entre 1961 y 1962 operaban unos 23 mil comercios, industrias y giros de servicios. Había el triple de mercados, centros de abastos, escuelas, iglesias, hospitales y clínicas. Es cuando nacen Mayoreo Hemuda y Maxi, pioneros de los supermercados, y se inaugura el Parque Alcalde y la Plaza Juárez".

La calzada Independencia fue de nuevo objeto de mejoras en 1962. Se llevó a cabo la construcción de un nuevo colector de gran capacidad en el tramo sur (del monumento a la Independencia al parque Agua Azul); con esto se evitaron problemas de inundaciones que la ciudad venía enfrentando desde tiempo atrás.

En junio de 1963 se acordó extraer para Guadalajara, agua del lago de Chapala.

La industrialización jalisciense.

Entre 1940 y 1960 se produjo la mayor expansión industrial de Jalisco, gracias al apoyo institucional del Estado que benefició en particular la obtención del azúcar y la celulosa. El ingenio de Tamazula, establecido en el gobierno de Zuno, y el complejo maderero de Atenquique en el de García Barragán, iniciaron una etapa de considerable

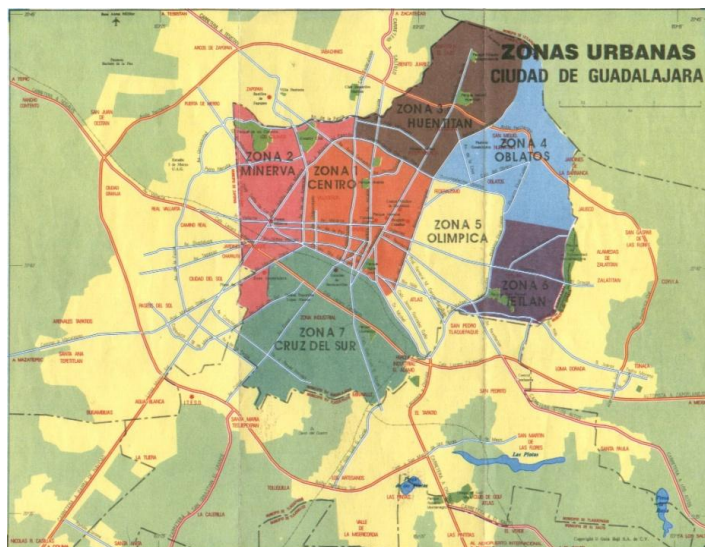
progreso (1965-71). Grandes empresas extranjeras como la Kodak, Goodrich Euzkadi, Motorola, Burroughs, IBM y Anderson Clayton se instalaron en Jalisco.

En 1974 Guadalajara experimenta otra transformación: se constituye en Metrópoli al anexarse los Municipios de Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá. A finales de este año se empezó a aplicar en Jalisco el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) que construyó modelos de vivienda popular, con servicios medios que cambiaron el concepto habitacional.

El 27 de marzo de 1978 se creó el Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA). En el bienio 1978-79 el Lago Chapala alcanzó sus máximos niveles.

A partir de marzo de 1995, La propuesta hecha en el sexenio anterior respecto a que la zona conurbada de Guadalajara se conformara por los Municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos fue aprobada por el Congreso del Estado

La división urbana de la capital tapatía por sectores llegó a su fin en 1996. El cabildo aprobó su división en siete zonas: 1.- Centro; 2.- Minerva; 3.- Huentitán; 4.- Oblatos; 5.- Olímpica; 6.- Tetlán; y 7.- Cruz del Sur, todo ello con la intención de normar mejor los usos del suelo.



El censo de 2010 indica que la capital tapatía contaba con 1,495,189 habitantes y 7,350,682 en el Estado.

1.2 Descripción del Área Metropolitana de Guadalajara



El área metropolitana de Guadalajara la constituyen: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá, y la zona conurbada está formada por los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto, Juanacatlán, Tlajomulco de Zúñiga e Ixtlahuacán de los Membrillos.

Guadalajara por su ubicación privilegiada, es el centro más importante de la región del Occidente de México. En ella se concentran las redes más dinámicas del comercio, los más importantes servicios educativos, bancarios, profesionales y gubernamentales. El monto de sus recursos naturales y económicos no tiene comparación con el de ninguna otra ciudad excepto con la de México. Sin embargo, la gravedad de los problemas que enfrenta la capital tapatía es mucho mayor que la abundancia de sus recursos. La ciudad ha llegado al límite de su desarrollo y la aglomeración de la población requiere cada día de más servicios públicos.

Delimitación

El área metropolitana de Guadalajara, según datos del INEGI en 2005. Se localiza en la parte central del estado mexicano de Jalisco y está conformada oficialmente por 8 municipios, de los cuales 6 son considerados como municipios centrales, es decir, municipios que cuentan con una conurbación continua, dichos seis municipios son: Guadalajara, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan; los otros dos municipios son: Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos que son considerados como municipios exteriores pertenecientes a la área metropolitana pero que no forman parte de su continua mancha urbana.

Población y extensión territorial

La población total del área metropolitana sumó 4, 434,878 habitantes en el 2010 y distribuida en los ocho municipios pertenecientes a la zona, es decir, en una superficie total de 2,734 km² con una densidad promedio de 133.2 habitantes por hectárea, el municipio más poblado de esta área es Guadalajara con una población cercana a los 1.5 millones de habitantes en contraste con Juanacatlán con poco más de 13 mil habitantes, siendo éste último el menos poblado de los ocho municipios.

Desglose de datos de la AMG (según INEGI, 2010)

No.	Municipio	Población. (hab)	Superficie. (km ²)	hab/ha
1	Guadalajara	1,495,189	187.91	158.6
2	Zapopan	1,243,756	893.15	115.9
3	Tlaquepaque	608,114	270.88	128.8
4	Tonalá	478,689	119.58	137.3
5	Tlajomulco de Z.	416,626	636.93	74.7
6	El Salto	138,226	41.5	66.0
7	Ixtlahuacán de los M.	41,060	184.25	45.5
8	Juanacatlán	13,218	89.08	51.4
	Total AMG	4,434,878	2,423.28	133.2

Población total y tasa de crecimiento (según INEGI)

Dato	Año				
	1990	1995	2000	2005	2010
Población total de la AMG	3,003,868	3,482,417	3,699,136	4,095,853	4,434,878
Tasa de crecimiento medio anual	2.7%	1.4%	1.8%	1.7%	1.6%

Localidades

El área Metropolitana de Guadalajara (AMG) cuenta con 48 localidades según el INEGI, de todas ellas la localidad más poblada es la de Guadalajara con poco más de 1.5 millones de habitantes, dicha localidad es la única del municipio homónimo, siendo éste último junto con Juanacatlán los municipios con menor cantidad de localidades (solo una por municipio), Tlajomulco de Zúñiga cuenta con 21 localidades, Tonalá con 4, Tlaquepaque con 2, Zapopan con 9, El Salto con 6 e Ixtlahuacán de los Membrillos con 3.

Economía

Para todos los municipios involucrados, pertenecer a la Zona Metropolitana de Guadalajara es de gran relevancia, pues al ser la capital del Estado, ha sido el centro del desarrollo y del poder político y económico, de modo que los municipios pueden participar en proyectos de urbanización cofinanciados por el Gobierno del Estado en beneficio de todos los municipios.

Esta situación plantea nuevos retos en materia de definición de competencias y de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, que posibiliten la planeación y administración integral del territorio, la gestión eficiente de los servicios públicos y el ejercicio pleno de los derechos de sus ciudadanos, elementos indispensables para la gobernabilidad y el desarrollo sustentable de las zonas metropolitanas. En este contexto, la identificación del número y tamaño de la zona conurbada es de fundamental interés para la toma de decisiones, especialmente para los diferentes sectores encargados de diseñar e instrumentar políticas de desarrollo con un referente territorial.

En ciertas partes de la Zona Metropolitana de Guadalajara el nivel de vida es comparable al de países de alto desarrollo; sin embargo, al igual que en el resto de México dicho nivel de vida no es representativo de todos los municipios, también existen en los alrededores o periferia de la ciudad, círculos de desigualdad y pobreza.

Actividades económicas

En los últimos años se ha incrementado la localización industrial en la zona metropolitana, principalmente en algunas ramas de de industria para tecnología de punta

como la electrónica y la cibernética, lo que ha impreso un nuevo sello a la estructura productiva y a la fisonomía de los suburbios tapatíos.

La base económica de la AMG se fundamenta en una industria diversificada, las principales actividades económicas de la zona están basadas en el sector terciario y secundario. El AMG es la segunda aglomeración del país en términos de sus intercambios comerciales y la tercera por el volumen de su producción industrial. La conurbación concentra cerca del 75 por ciento de las industrias jaliscienses, siendo así el principal centro de actividades económicas del estado. Las principales actividades en la zona metropolitana son la industria manufacturera, el comercio, los servicios personales y de mantenimiento así como los servicios comunales y sociales.

Clima

El clima de la ciudad es templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (ACw1). La primavera es la estación más seca y cálida, con vientos en febrero y marzo; las lluvias son entre mayo y octubre, presentándose tormentas con intensa actividad eléctrica y fuertes vientos. Hacia otoño e invierno las lluvias se reducen y dan paso a los días soleados y vientos fríos del norte. En invierno es común que ocurran ocasionales heladas, con temperaturas de hasta -7°C durante las noches más frías, por lo general durante los meses de enero y febrero.

Recursos naturales



Vista del Río Santiago y la barranca de Oblatos

La riqueza natural de Guadalajara está representada por el Bosque de la Primavera, Los Colomos, y la Barranca de Huentitán. La flora se destaca por pinos michoacanos, arce sicómoro, liquidámbar, fresnos, sauces; y árboles introducidos como tabachines, jacarandas y ficus, además de orquídeas, rosas y varias especies de hongos.

La Fauna se reduce a la típica fauna urbana, además de 106 especies de mamíferos, 19 especies de reptiles y seis especies de peces.

La operación administrativa y de servicios del área metropolitana se encuentra subdividida de la forma siguiente



	Ha	Habitantes	Densidad
Centro	2,296	207,250	90
Minerva	2,166	104,974	49
Huentitán	2,170	207,075	115
Oblatos	1,900	158,820	170
Olimpica	2,031	253,265	125
Tetlán	1,277	222,278	178
Cruz del Sur	3,218	347,272	108
	15,058	1,500,907	



**Fuente de la Minerva en la
avenida Vallarta**



**Vista aérea nocturna de
Guadalajara**

Población

En el 2007, la ONU enlistó a las cien aglomeraciones urbanas más pobladas del mundo. México destacó con tres ciudades en la lista, en la cual estaban la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Guadalajara ocupó el 66° lugar de estas ciudades, seguida por Sídney y Washington DC. En la lista de Latinoamérica, Guadalajara ocupó el 10° lugar.

Zona urbana

La zona urbana está creciendo sobre roca ígnea extrusiva del Plioceno-Cuaternario, en lomeríos de basalto con cañadas, escudo volcanes y llanura aluvial; sobre áreas donde originalmente había suelo denominado Phaeozem; tiene clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, y está creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, pastizal y selva caducifolia.

Panorámica del área conurbada de Guadalajara.

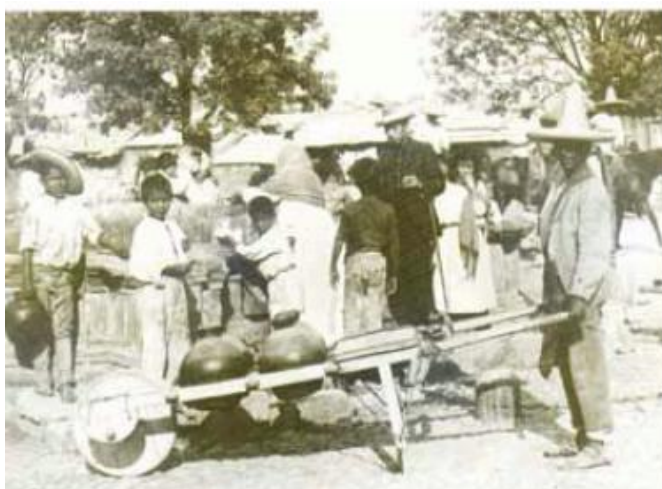


La mayoría de la población en el municipio es de uso urbano, la única área sin urbanizar corresponde a la barranca de Huentitán, debido a sus características y por ser un patrimonio natural y reserva protegida del municipio. La población se encuentra más concentrada, característica de los asentamientos urbanos modernos, a pesar de esto todavía se encuentran áreas pequeñas de población rural.

1.3 Reseña histórica del Abastecimiento de Agua al Área Metropolitana de Guadalajara

La fundación de la ciudad de Guadalajara se establece durante la conquista de los españoles, con la visión de ser la fundación de la ciudad más importante del occidente del país conquistado, los cambios de lugar se van dando pero siempre con base en tener cercana una fuente de agua para el desenvolvimiento de su bienestar en este aspecto, y modificado al ir encontrando lugares con condiciones de mayor magnificencia, en espacio, paisaje, vegetación y fuentes de agua de mayor cantidad, que es lo que los lleva al sur (hoy Municipio de Tonalá) en la margen izquierda del río grande (hoy Santiago) en 1533, en 1534 en la margen derecha y finalmente en el valle de Atemajac en el año 1541, donde existían las corrientes permanentes de los ríos Atemajac y San Juan de Dios, el martes 14 de febrero de 1542 se instaló el Ayuntamiento en el cuadrilátero que ahora ocupa el Teatro Degollado, allí es el lugar de la Guadalajara que todos conocemos, y con la previsión de estar cerca de los ríos y manantiales de este valle.

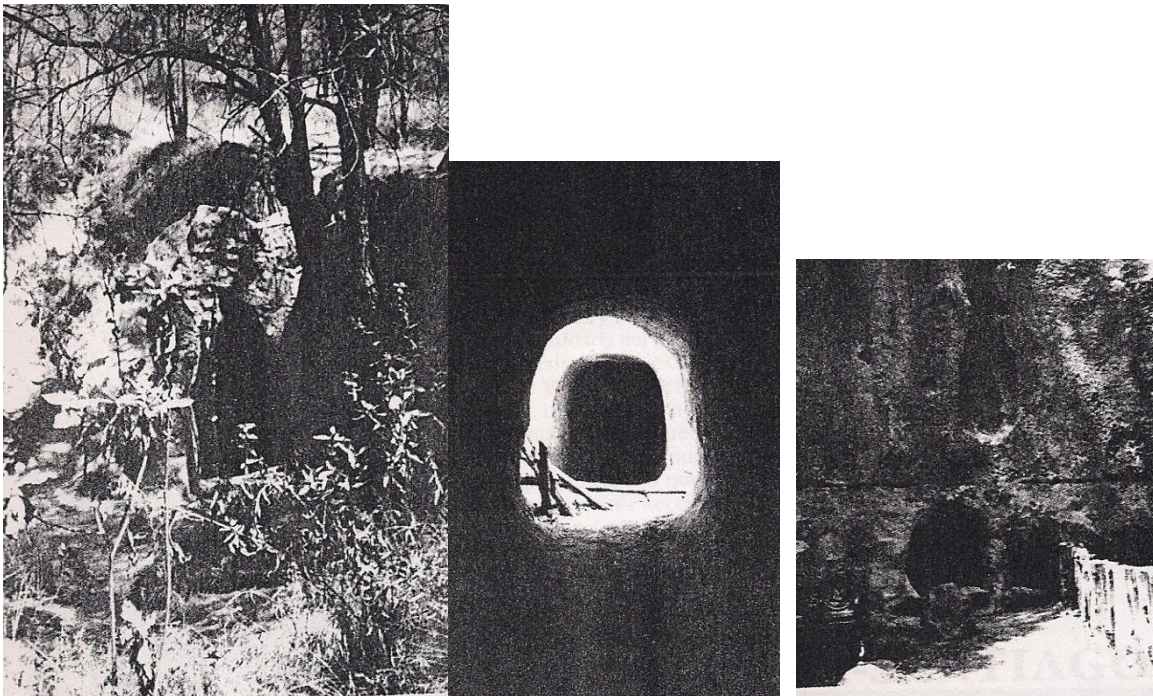
La primera fuente utilizada fueron los manantiales de Agua Blanca al oriente sur de la ciudad, que formaban un riachuelo que corría del oriente al norte, la cual era transportada mediante cantaritos sobre carretillas o carretas para su consumo.



En el año 1563, se pide desde España que se indiquen las obras que son necesarias para satisfacer las necesidades de agua, en costo y en calidad de su construcción. En 1597 es usada el agua de los manantiales los Colomos para llevar agua al convento de Santo Domingo a través de un canal. Aun hay vestigios de los pasos de los caminos construidos con cal y canto (llamados tagea).

Para 1606 había 180 casas las cuales eran abastecidas por medio de las aguas del río San Juan de Dios, y otros la tenían al excavar sus pozos en sus patios. En 1621 se inicio el uso del agua de los afloramientos de la zona llamada Toluquilla, por medio del transporte de cantaritos; conforme su población aumentaba esta región rica en fuentes de agua eran aprovechadas, hasta 1692 se condujeron las aguas de Toluquilla por un canal.

Ante el crecimiento natural de la población a inicios de 1700, existía la demanda de agua para la población, pero hasta el año de 1731, el 19 de noviembre la gran audiencia encomendó al experto español Fray Pedro Antonio Buzeta realizar el estudio definitivo de disponibilidad de agua para solucionar esta necesidad. Buzeta desarrolló 48 proyectos, 32 privados y 16 públicos, por medio de galerías filtrantes que convergían a un pozo de donde se derivaba una cañería hacia los puntos que se suministraba este vital liquido., El acceso a estos pozos era por medio de una escalera de caracol para su mantenimiento y observación, haciéndose famosos por esta característica, y sorprendente para su época que se pudiera conducir el agua a través de cañerías de barro, esta obra soluciono el problema a 8,018 habitantes obteniendo un gasto de 28 l/s y una dotación de 30.1 l/hab./día.



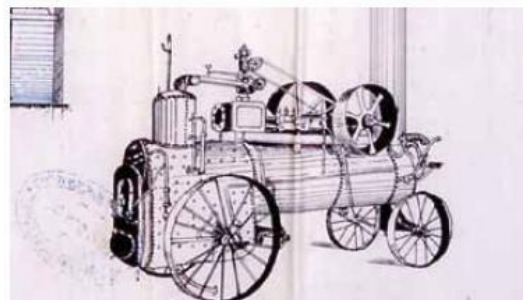
Para el año de 1739, en el mes de junio a la 1:00 p.m. del día 25 y a las 9:00 a.m. del día 26, la ciudad de Guadalajara sufrió dos sismos que colapsaron las cañerías construidas, y no existiendo los recursos necesarios para su reparación por ser cuantiosa, la ciudad volvió a padecer esta problemática del suministro de agua domiciliaria, para regresar al acarreo de este vital líquido., No se llevaron a cabo estas

reparaciones, en su totalidad pues siendo de barro se planteo repararlas substituyendo por tubo de plomo, por tener la creencia de que sufrirían , más sismos, y no repetir la pérdida de sus recursos invertidos, ya que la obra de Buzeta se verían vulnerados por este suceso natural, solo se hicieron una parte de las composturas con tubo de barro.

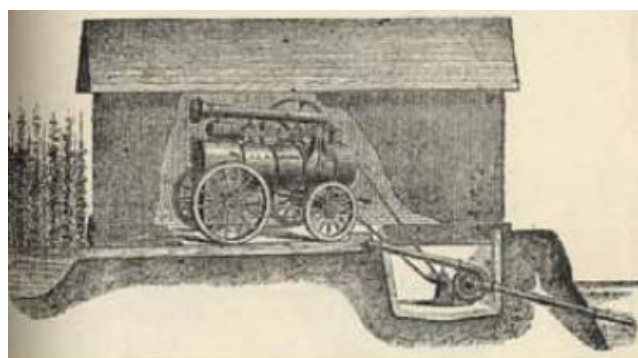
En el año de 1790 se agudizó la situación dede agua, en ese momento se había triplicado su población y el río grande (Santiago) se secó durante el estiaje, por lo que contó restringidamente con las fuentes de galerías y pozos.

Durante el inicio de 1800, la búsqueda de fuentes de abastecimiento con cantidades mas considerables, se enfocó en lugares más lejanos, calculando que el agua podía correr por gravedad desde Chapala, encontrando que los niveles de los diferentes lugares estudiados se encontraban sin el desnivel adecuado, aunque ya se tenía 26,000 hectáreas irrigadas mediante canales del río Santiago y del Lago Chapala.

A partir de 1822 la ciudad de Guadalajara se alimentaba de pozos, manantiales ojos de agua y de la presa de Mexicaltzingo. Hasta el año 1842 se estableció sobre tres líneas de pozos, la primera bomba de vapor utilizada data del año 1887, empleada para bombear agua del manantial de Agua Azul y vencer los 42.00 m de altura al centro de la ciudad, a través de un acueducto denominado "Porfirio Díaz".



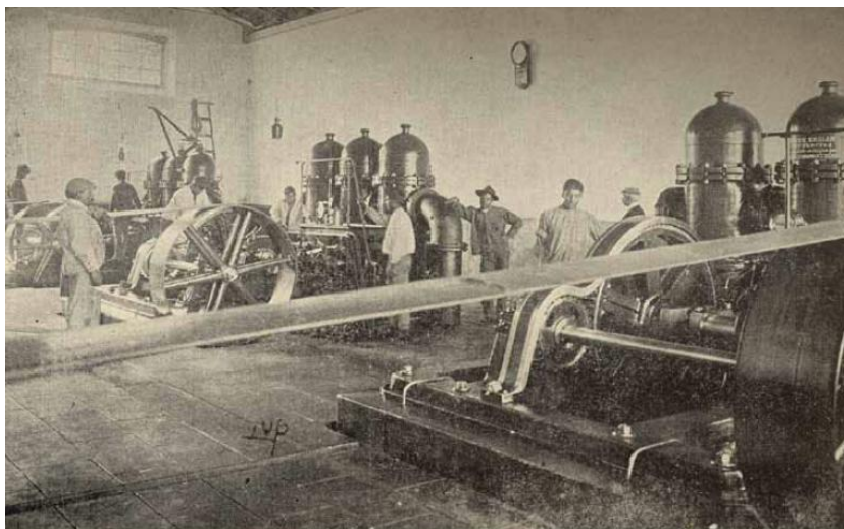
Motor de vapor para bombas centrífugas en el río Lerma, 1898



Primeras bombas de combustión

En 1893, el gobernador encomendó al Ing. Gabriel Castañon, con base en el diseño de Buzeta construir galerías filtrantes similares en el cerro del Coli al poniente de la ciudad, que presentaba condiciones similares a las galerías ya construidas, y de la misma forma hacerlo para los manantiales de los Colomos. La ciudad de Guadalajara ya contaba con 100,000 habitantes para lo cual el gobierno tuvo que tramitar un préstamo

para poder realizar estas obras de suma importancia para la ciudad, logrando aumentar su caudal a 46 l/s para una dotación de 39.74 l/hab/día.

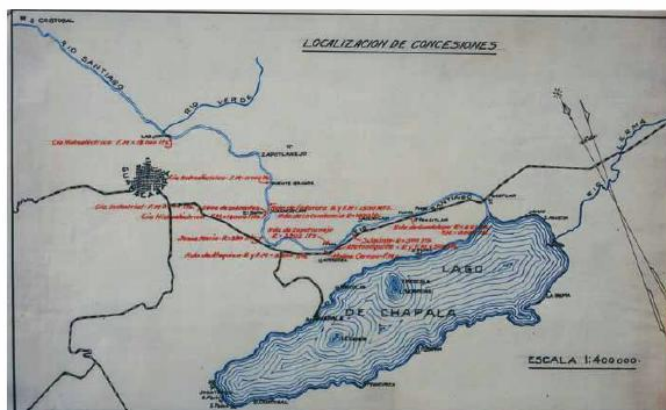


Equipamiento para los manantiales de los Colomos, Guadalajara, Jalisco 1905

Al inicio del siglo XX se amplió la red de distribución y se inició el entubamiento del río San Juan de Dios, sin concluirlo, primera obra importante en materia de colectores de aguas negras. Durante la revolución se interrumpieron las obras de este tipo, es hasta 1922 cuando se retoma el colector de San Juan de Dios, para concluirlo en 1927.

En 1929, Guadalajara tenía una población de 175,000 habitantes y sus fuentes en conjuntos producían 450 l/s para una dotación de 200 L/hab/día, manantiales, galerías filtrantes y pozos, en 1933 se construyó la casa de máquinas de agua azul con caudal de 170 l/s, proyecto que inicio en 1887 y que tuvieron que transcurrir 46 años para su conclusión.

En materia de drenaje se contaba con 7 sub-colectores Leandro Valle, Agua Azul, Las Damas, Angulo, Juan Manuel, Fresno y Jesús García y un solo emisor central el tradicional San Juan de Dios.



Concesiones federales de agua sobre el río Santiago, 1925

La ciudad de Guadalajara llega a 320,000 habitantes en el año de 1947, con limitantes en el abasto de agua. En 1950 se contabilizan 380,000 habitantes, y es cuando se integran 6 pozos de la zona de Tesistán con un alto rendimiento, proporcionando 300 l/s. En 1952 se crea el Patronato de Servicios de Agua y Alcantarillado de la ciudad de Guadalajara, integrándolo el ayuntamiento, el gobierno del estado, el Banco Nacional Hipotecario y los usuarios. El patronato se le encomienda administrar, operar, conservar y mejorar los sistemas de agua y drenaje

Ante la situación de mayor demanda que la oferta en el suministro de agua potable, ya que cuando se estaban proporcionando 800 l/s se tenía un déficit de 836 l/s, en 1953 el gobernador comisionó a los ingenieros Jorge Matute Remus y Elías González Chávez, para que propongan posibles soluciones para mejorar el abasto de agua para el área metropolitana de Guadalajara. El estudio realizado determinó que las fuentes más cercanas, seguras y suficientes eran el río Santiago y el Lago Chapala, por lo que se procedió a iniciar este proyecto. El 15 de noviembre de 1956 fueron inaugurados el sistema que transportaba las aguas del lago Chapala, por medio de utilizar desde donde nace el río Santiago que esta a poca distancia de la población de Ocotlán, dentro del lago Chapala, y cuyo cauce cruza por la traza urbana de la misma, para después seguir y pasar por la orilla norte de la congregación de Poncitlán para seguir su trayecto hasta encontrar el canal de riego denominado Atequiza, en este punto el río Santiago sigue su cauce normal, pero las aguas del lago Chapala prosiguen por este canal artificial, que fue ampliado para este fin a lo largo de sus 25 km hasta la presa "La Calera", donde se encuentra el primer bombeo de 15 m³/s. Desde este punto también existe una distancia de 25 km hasta la presa las Pintas, donde se lleva a cabo el segundo bombeo de 9.0 m³/s, para que las aguas puedan tomar el canal denominado del 4 con una longitud de 4 km y escurrir hasta la primera planta potabilizadora que se construyó para la ciudad de Guadalajara.



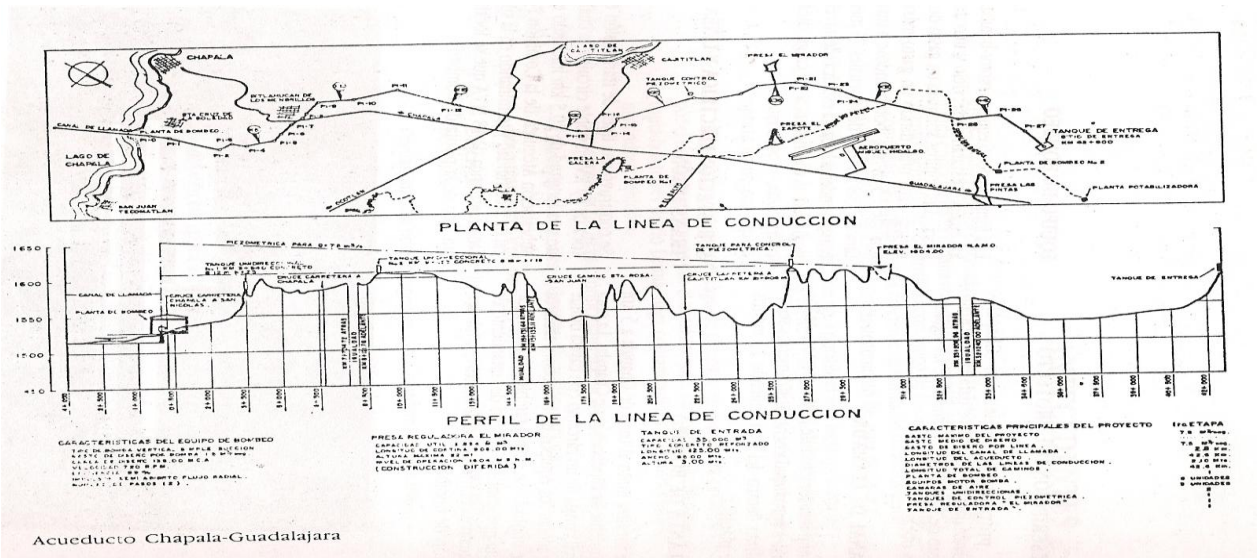
Trazo canales Atequiza las pintas a planta potabilizadora 1^{er} sistema Chapala - Guadalajara

El 15 de noviembre de 1956 es inaugurado el sistema Chapala – Guadalajara con una inversión de \$48'000,000.00, para la población del área metropolitana incluyendo los municipios de Zapopán y Tlaquepaque, en 1960 es de 740,000 habitantes, con un crecimiento acelerado para 1964, de 970,000 habitantes, el sistema construido permitió hasta 1970 suministrar una dotación de 289 l/hab/día con un caudal diario de 4,606 l/s para una población que en ese momento para los tres municipios (Zapopán, Tlaquepaque y Guadalajara) era de 1'382,788 habitantes.

En el aspecto de alcantarillado existía un rezago en el área conurbada, ya que 2,625 ha no contaban con sistema formal de alcantarillado sanitario, por lo que, entre los años 1970 a 1977, se abocaron a construir los sistemas suficientes para alcanzar el 75% de cobertura para estos servicios de la red sanitaria. El 27 de marzo de 1978 se constituye bajo el Decreto 9765 el Sistema Intermunicipal de Servicios Agua Potable y Alcantarillado, S.I.A.P.A.

En 1984, debido al crecimiento acelerado en el Área Metropolitana de Guadalajara, se propone la construcción de un acueducto que sustituya al sistema de canales y represas Chapala – Guadalajara, ya que en este los canales tienen pérdidas por filtración. Además, su deterioro, desvíos clandestinos y principalmente el vertido a su paso de aguas contaminadas, de los terrenos que cruza por parte de sus propietarios, lo hacen inadecuado. En este año se inicia la construcción de un acueducto que se realizará en dos etapas, la primera etapa corresponde a la construcción de 26 km de tubería de 2.10 m de diámetro, y la utilización de los canales existentes, la segunda etapa concluirá la instalación de la tubería pre-esforzada, la cual en toda su longitud comprende 42.60 km. El acueducto se concluyó en 1991. La estación de bombeo está en la orilla del lago Chapala, con su canal de llamada con longitud de 2,800 m, de los cuales 1,800 m se encuentran dentro del lago. La capacidad de bombeo es de 7.5 m³/s con cinco equipos de 1.5 m³/s, para impulsar una carga de 138.00 m por desnivel y pérdidas. Se emplean motores de 2,750. H.P.

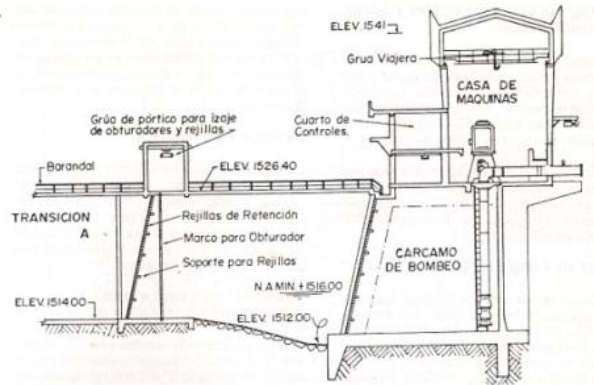
El sistema cuenta con tres cámaras de aire para los fenómenos transitorios (golpe de ariete). Junto a la casa de maquinas (0+000), adelante del múltiple de descarga, se tienen dos y el otro en el km 9+103 de 19 m de altura y diámetro 18 m, un tanque de control de presión piezométrica en el km 26+200. La presa el mirador en km 30+000 actúa como vaso regulador en la llegada del segundo bombeo, de donde por gravedad alimenta al tanque de almacenamiento construido en el cerro del cuatro de 35,000 m³ con dimensiones, de largo 125 m, de ancho 95 m y alto 3.50 (2.95 m altura útil), que alimenta por gravedad a la planta potabilizadora, desde donde se suministra a red de distribución.



Vista área planta de bombeo



Tanque unidireccional, en el km 5+340 de 23 m de altura y 12 m de diámetro



Corte longitudinal planta de bombeo



Conjunto de los motores eléctricos de la planta de bombeo y vista parcial de las tuberías de descarga.

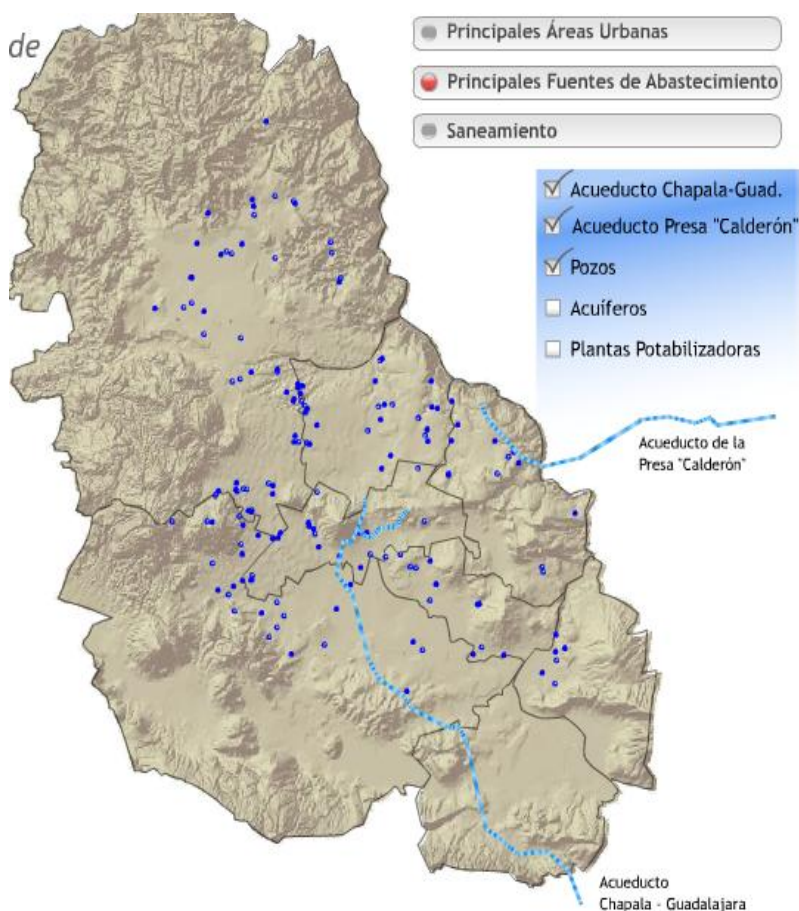


Trazo acueducto planta de bombeo planta potabilizadora 2^{do} sistema Chapala - Guadalajara

2.1 Situación Actual del Abastecimiento del Agua del Área Metropolitana de Guadalajara

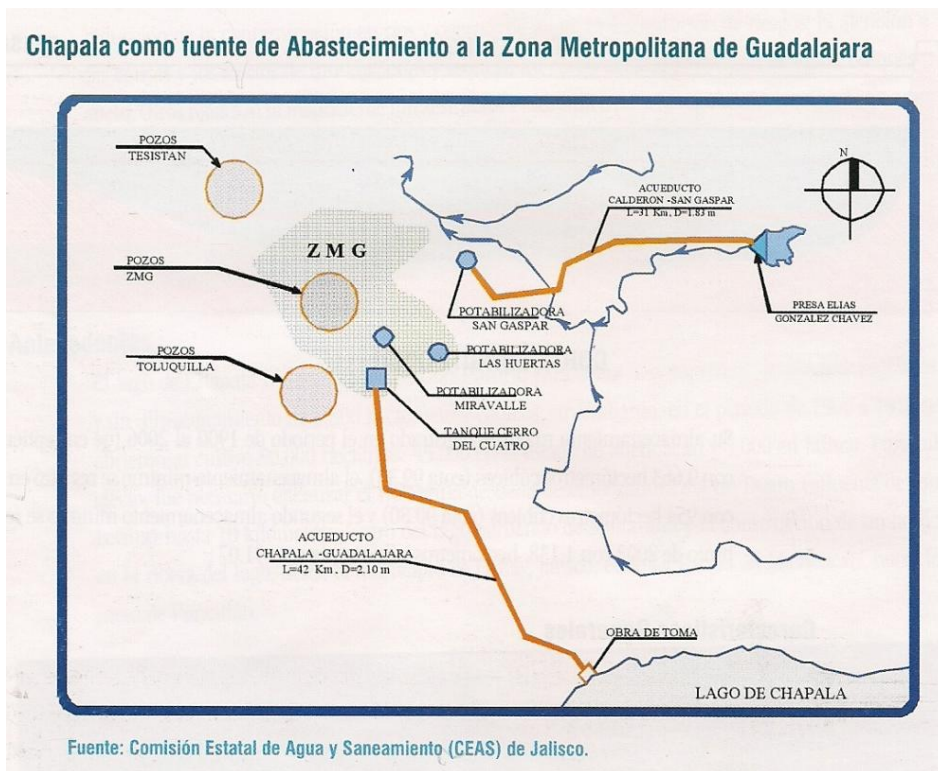
Los datos del año 2011 proporcionados por la Comisión Estatal de Agua de Jalisco (CEAJ), informan que el abastecimiento de agua al AMG es de 311.26 millones de metros cúbicos anuales, equivalentes a $9.87 \text{ m}^3/\text{s}$. Este volumen proviene de tres fuentes principales:

- Lago de Chapala: aporta 173.45 millones de metros cúbicos anuales ($5.93 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Pozos Profundos: aportan 84.2 millones de metros cúbicos anuales ($2.67 \text{ m}^3/\text{s}$);
- Presa Calderón: aporta 31.5 millones de metros cúbicos anuales ($1.08 \text{ m}^3/\text{s}$).

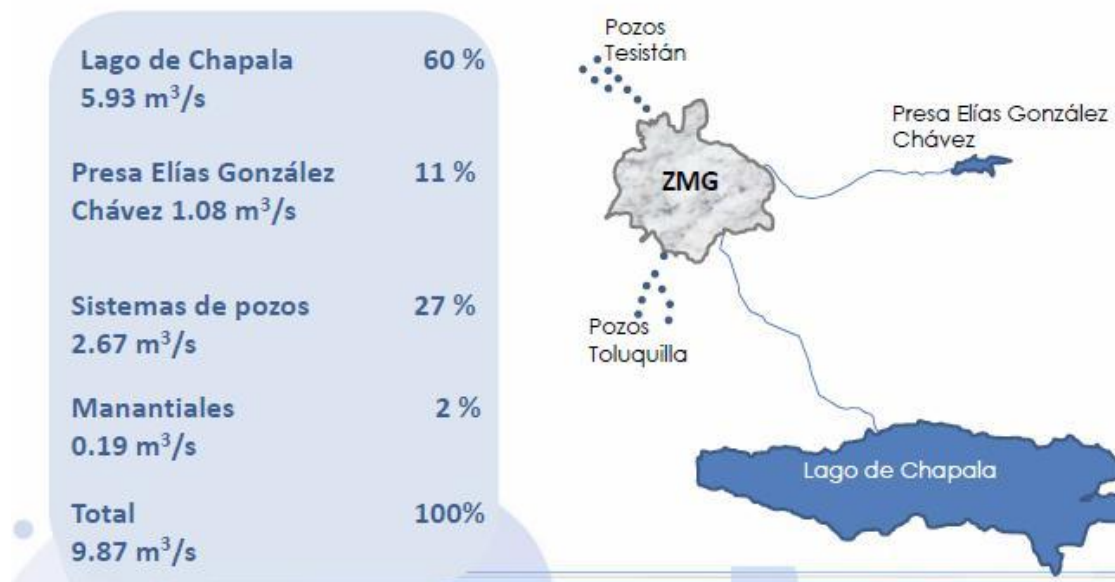


Esquema de las fuentes del abastecimiento del AMG.

La CEAJ (Comisión Estatal de Agua de Jalisco) también informa que la metrópoli tiene un déficit de 112.26 millones de metros cúbicos anuales ($3.56 \text{ m}^3/\text{s}$); este déficit ya aumentó en el 2011, ya que el censo 2010 realizado por el INEGI preveía un crecimiento de 2.3 %.



PARA DAR AGUA A LA ZMG, EL SIAPA CUENTA CON DIFERENTES FUENTES DE ABASTO:



El sistema de agua potable cuenta con 12 circuitos diferenciados

N°	Denominado	Diámetros	Zona
1	Oriente III	72" pre-esforzado	norte
2	Periférico Oblatos	24"	nororient
3	Nueva Central Camionera	18" y 14"	sur oriente
4	Zona Oriente	12"	nororient
5	Sistema el Tapatío	30"	sur poniente
6	Anillo de transferencia	72" pre-esforzado	norte
7	Sistema Alcalde	36"	norte centro
8	Sistema Saltillo	24"	Zapopán
9	Sistema federalismo	24" y 20"	Zapopán
10	Sistema Nuevo México	10"	norte
11	Sistema cerro del 4	42"	sur poniente
12	Sistema Tabachines	16"	norte

LA INFRAESTRUCTURA CON LA CUAL SE DISTRIBUYE EL AGUA YA POTABILIZADA ESTÁ COMPUESTA POR

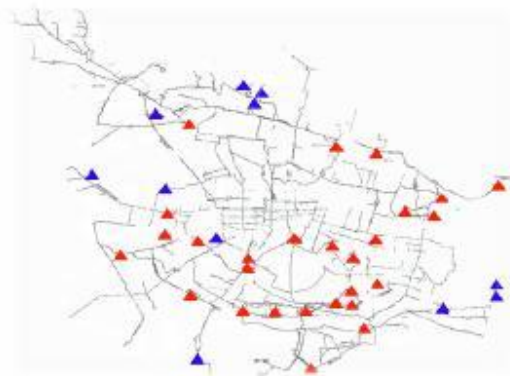
7,685 KILÓMETROS DE REDES DE AGUA POTABLE



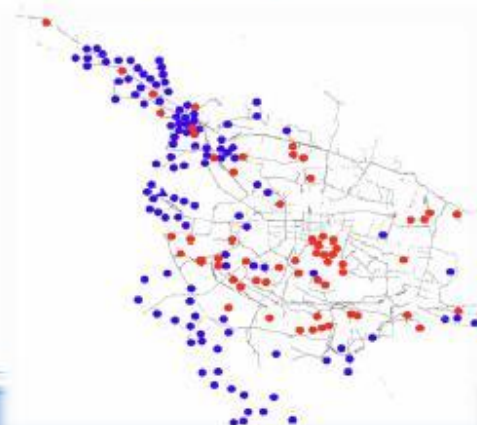
980,000 TOMAS DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE



238 TANQUES Y CÁRCAMOS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE



183 POZOS PROFUNDOS



2.2.- Situación actual de la fuente de abastecimiento “Lago de Chapala”

El lago Chapala es el cuerpo natural de agua más grande de México, su función es la de un vaso regulador de la cuenca del río Lerma, cuyo cauce tiene una longitud de 750 km, para verter sus excedencias al río Santiago, cuyo destino es el océano Pacífico, sobre una ruta dentro de los estados de Jalisco y Nayarit. El río Lerma es alimentado por su propia cuenca a lo largo de su cauce y por los escurrimientos de 3 cuencas más, su propia cuenca con el 81.4%, y los ríos Duero con el 6%, Zula con el 4.6% y la última provenientes del lago con el 8%.

El área donde se encuentra la cuenca del río Lerma es de las más desarrolladas de México desde la época colonial, la importancia de sus polos desde el valle de Toluca, el complejo industrial de Querétaro, la refinería de Salamanca, las industrias de León e Irapuato y la vasta porcicultura del norte del estado de Michoacán. La cuenca representa el 2% del territorio nacional, en donde se aloja el 8.5% de la población, la densidad promedio nacional es de 42 hab/km² y la de la cuenca de 147 hab/km², el uso del agua es el mejor indicador de la actividad humana contando con 1% de los recursos hídricos nacionales, existen en la cuenca el 9% de las presas importantes y se tiene el 17% de las áreas de riego (Datos CNA).

Los estados que forman parte de la cuenca:

Estado	Porcentaje de la cuenca en el estado	Porcentaje del área del estado en la cuenca
México	14%	27%
Querétaro	7%	24%
Guanajuato	57%	79%
Michoacán	16%	12%
Jalisco	6%	3%
	100%	

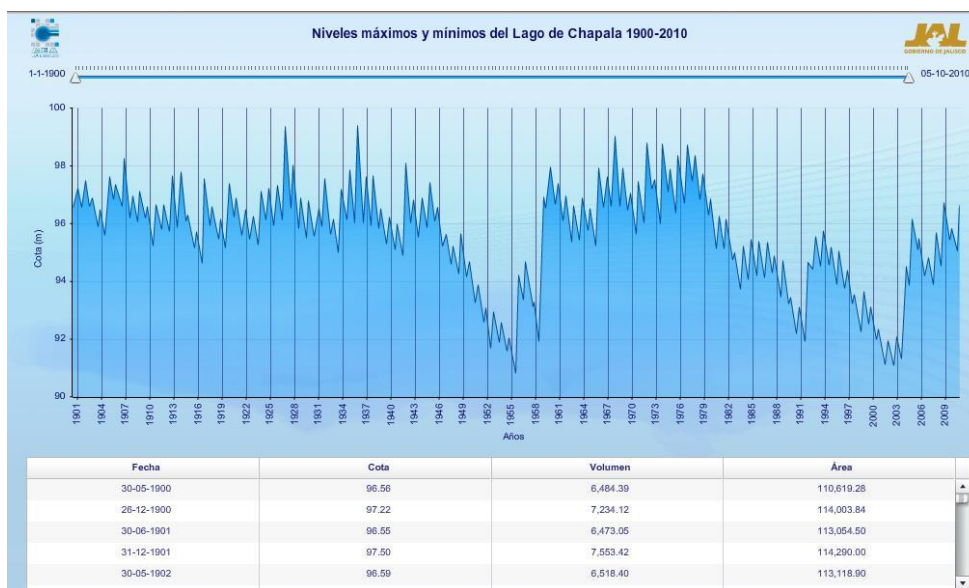


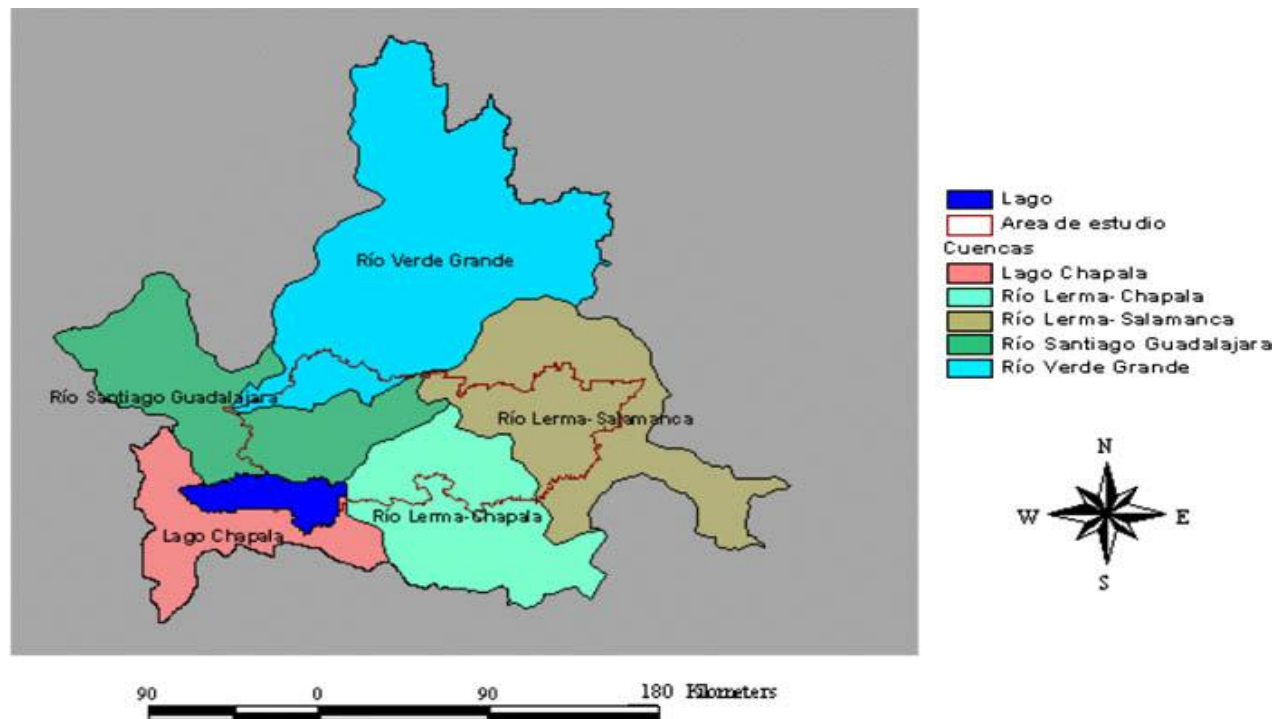
En el inicio del siglo XX, el lago tenía una superficie de 164,659 hectáreas y un almacenamiento de 5,800 Mm³. En el periodo de 1902 a 1910 se abrieron al cultivo 50,000 ha: 45,000 en el estado de Michoacán y 5,000 en el de Jalisco, denominada esta área como la ciénega, para tal efecto fue necesario encauzar el río Lerma desde la desembocadura del río Duero, afluente del río Lerma, hasta 10 km dentro del lago partiendo de Maltaraña. También se construyó un bordo de 77 km de longitud, con el cual se seccionó el lago y se ocasionó la pérdida del 30.4% de su superficie, la cual fue utilizada en la agricultura. Dicho bordo se construyo a mayor altura con una diferencia de 3.00 con respecto al nivel máximo del lago que era 1522.80 a 1525.80, con lo que aumentó su capacidad de almacenamiento, posteriormente en 1935 se aumentó 0.50 m y en 1958 otros 0.50 m para alcanzar el nivel 1526.50 con el cual se evita inundaciones en el área de la ciénega, el lago actualmente tiene un área de embalse de 114,659 ha.

Para medir el nivel del lago se usa una cota arbitraria establecida por el ingeniero Luis P. Ballesteros en 1910, esta toma un punto fijo situado en el antiguo puente de Cuitzeo, sobre el río Santiago, a la entrada de la población de Ocotlán. A ese punto se le asignó la cota 100.00, que equivale a 1,526.80 msnm.

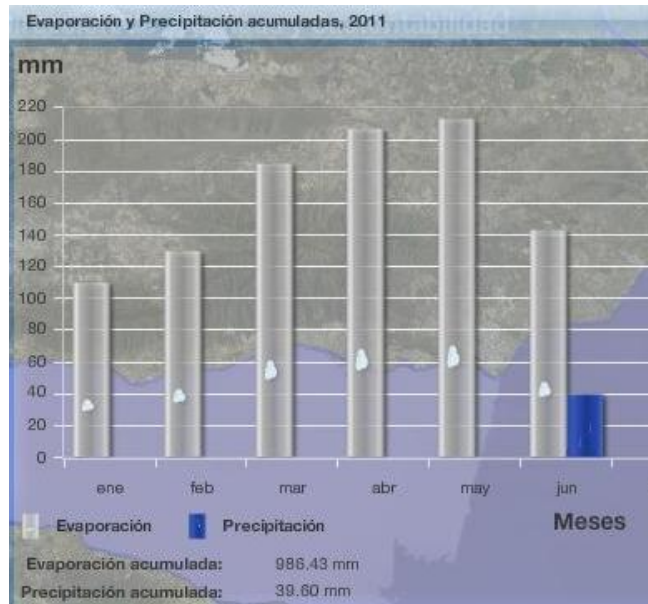
En 1981, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) estableció una nueva equivalencia a la cota de Ballesteros, la cual fue reducida 80 centímetros y quedó en la 1,526 msnm. En cuanto a la capacidad máxima del lago, esta quedó establecida en la cota 97.80 (1,523.80 msnm), con una profundidad media de 8 metros. Una vez terminados los bordos se redujo la superficie del lago, pero no su volumen, ya que con la construcción de los bordos y la presa Poncitlán se incrementó su capacidad a la actual, de 7,897 Mm³.

Como nuevo lago, su almacenamiento máximo registrado desde 1900 a la fecha fue en septiembre de 1926, con 9,663 Mm³ (cota 99.33, 1525.33 msnm); el almacenamiento mínimo se registró en junio de 1955 con 954 Mm³ (cota 90.80 1516.80 msnm) y el almacenamiento promedio en este periodo fue de 5,463 Mm³ (cota 95.65, 1520.65). En el siguiente gráfico se muestra la variación de niveles ente 1900 y 2010.





Por su extensión, el lago Chapala presenta altos volúmenes de evaporación, los cuales han provocado que la política con respecto a este tema, sean desfavorables. El manejo que se le ha dado desde inicio del siglo XX ha sido con la visión de las autoridades de utilizar estas aguas que escurren antes de llegar al lago, pues se van a evaporar sin ninguna utilidad, se ha llegado al grado de provocar severo desequilibrio al lago, que hemos presenciado en las más recientes décadas, su tendencia ha aumentado principalmente en el estado de Guanajuato, que representa el 57% de los escurrimientos, detectando más de 1'200,000 de hectáreas para riego, en donde se sé siguen utilizando los métodos más antiguos como es el riego directo a las parcelas donde se aplican 0.80 m de altura de agua para cada metro cuadrado de cultivo, cuando la planta requiere 0.15 m, aunado a 15,000 bordos clandestinos, la sobre explotación de los sistemas de pozos para los cultivos, un ejemplo fehaciente es el manejo de la "Presa Solís", desde su operación 1949 fue diseñada con un volumen de 800 Mm³, los cuales serían utilizados para almacenar 400 Mm² y los otros 400 Mm² para control de avenidas en la época de lluvia, desde su inicio de operación, se manejó con 745 Mm² y en 1982 se elevó su cortina una altura de 5.0 m, para almacenar 1,071 Mm² permanentemente. Ante esta situación que se puede entender en la grafica que se presenta, sus escasos volúmenes, y su recuperación sólo se explica debido a las lluvias extraordinarias que periódicamente se han presentado provocando la recuperación de sus niveles de equilibrio, las autoridades no han aportado el manejo adecuado que se requiere, se han establecido decretos y programas federales con acuerdos oficiales con los estados de la cuenca y sus municipios sin obtener los resultados estipulados en sus compromisos.



Evaporación 2011



“Presa Solís”

Promedios anuales de evaporación Boletín Hidrológico No. 51 SRH				
Periodo		Superficie km ²	mm anuales	volumen
1935	1944	1152	1387	1598 Mm ³
1945	1957	1054	1182	1246 Mm ³
1958	1970	1139	1355	1570 Mm ³
Promedio General				
1935	1970	1114	1311	1461 Mm ³

La situación del Lago Chapala es crítica, en el periodo de 2002 – 2004 registró uno los niveles más bajos de la capacidad de su almacenamiento de su historia, la cual lo puso en una situación moribunda al grado casi de desaparecer. Ante la gravedad de la situación, en 2004 se firmó un convenio por todos los estados que se encuentran dentro del área geográfica de la cuenca Lerma-Chapala, donde particularmente para el AMG se estipula “*Sistema de Abastecimiento a la Ciudad de Guadalajara: Los volúmenes máximos autorizados de extracción del Lago de Chapala autorizados para suministrar agua a Guadalajara, no podrán superar los 240 hm³, lo que equivale a 240 millones de metros cúbicos anuales (7.61 m³/s).*” Además, se firmó un acuerdo de coordinación entre los estados involucrados y las dependencias como SEMARNAT, CONAFOR, SAGARPA Y CNA, este fue para llevar a cabo la recuperación y sustentabilidad de la cuenca Lerma-Chapala.

El 57% del área de la cuenca Lerma-Chapala se encuentra en el estado de Guanajuato, en donde existen 1 presa de almacenamiento y un vaso regulador; además, en Michoacán se tiene un embalse, todos estos se abastecen de agua del río Lerma. Estas estructuras hidráulicas retienen el agua y esto impide que recarguen al lago Chapala. De estos grandes vasos de almacenamiento, la presa Tepuxtepec en Michoacán tiene una capacidad de 537 millones de metros cúbicos y la presa Solís en Guanajuato almacena 1071 millones de metros cúbicos (siendo que hace unos años almacenaba 745 millones de metros cúbicos, pero debido al incremento de 5 metros de altura a la cortina, aumentó su capacidad); el otro el vaso de almacenamiento que también se encuentra en el estado de Guanajuato es el lago Yuriría que almacena 325 millones de metros cúbicos.



Presa Tepuxtepec



Vaso Yuriría

Estos gigantescos vasos dotan del recurso hídrico a las más de 136 mil hectáreas de los distritos de riego agrícola del alto y bajo Lerma, los cuales constituyen los distritos más grandes del país. Desafortunadamente, estos distritos, se riegan con metodología arcaica, como lo es la inundación de los cultivos con más de 80 centímetros, con lo que se pierde absurdamente disponibilidad de agua que podría llegar al lago. Con esta práctica se ignora el acuerdo firmado por el ejecutivo estatal, en el cual se comprometió a tecnificar los sistemas de riego, como pueden ser por aspersión o por goteo, y así ahorrar el vital líquido y asegurar los escurrimientos hacia el lago de Chapala que no se producen por el gran desequilibrio en el subsuelo en el estado de Guanajuato, donde se infiere los grandes volúmenes extraídos no permiten los escurrimientos de antaño, por la voluminosa recarga de los mantos sobre explotados y los indicadores están a la vista.

Tanto las políticas de extracción y recarga del lago de Chapala no han sido las óptimas durante los pasados 2 sexenios y en el actual nunca se ha vigilado que los acuerdos y convenios firmados se cumplan y se respetan. Esto ha acarreado más beneficios al estado guanajuatense, por lo que ahora la prioridad es generar políticas encaminadas a salvaguardar este vaso lacustre que tantos beneficios aporta al estado de Jalisco, tanto como atractivo turístico, como en el equilibrio ecológico, ya que contiene uno de los 4 mejores climas del mundo adecuados para el cuerpo humano.

El manejo de los recursos hídricos, autorizaciones y usos clandestinos en la cuenca Lerma – Chapala, se han justificado por la gran evaporación que sufre el lago Chapala, la cual se estima anualmente en 1,461 millones de m³, sin embargo, en los cuerpos de agua de los estados de Guanajuato y Michoacán, la evaporación es mayor hasta por 2.9 veces, esto demuestra en estudio elaborado por la Fundación Lerma-Chapala-Santiago, denominado “Estudio * Chapala – Jalisco 2001”, y se presenta en la siguiente tabla.

No.	Cuerpo de agua	Área m ²	Factor evaporación	Volumen m ³
1	Presa Solís	22,800,000.00	1.57	35,796,000.00
2	Presa Tepuxtepec	8,090,000.00	1.15	9,303,500.00
3	Lago Yurivia	6,520,000.00	1.57	10,236,400.00
4	Área de riego 1,200,000 ha	12,000,000,000	$(0.80 - 0.15) \times 0.50 = 0.325$	3,900,000,000.00
5	Bordos clandestinos 15,000 ha	150,000,000.00	1.57	235,000,000.00
				4,190,335,900.00

Para contribuir a la preservación del lago, el 3 de junio de 2004, la federación, a través de la CONAGUA y el Gobierno del Estado de Jalisco, firmaron un nuevo "Acuerdo de Coordinación", con el objeto de eliminar 4500 hectáreas de maleza, a través del Programa de Control de Malezas Acuáticas en el Lago de Chapala. Como resultado de este programa, se extrajeron 720 000 toneladas de lirio, que equivalen a 4500 hectáreas. Asimismo, se permitió que la superficie cubierta por lirio en el Lago de Chapala permaneciera en equilibrio y se logró impedir el crecimiento por reproducción, así como el ingreso de lirio por los ríos Lerma y Zula.



**Vista muelle en 1935
en uno de sus máximos niveles**



Vista muelle sequía de 2002

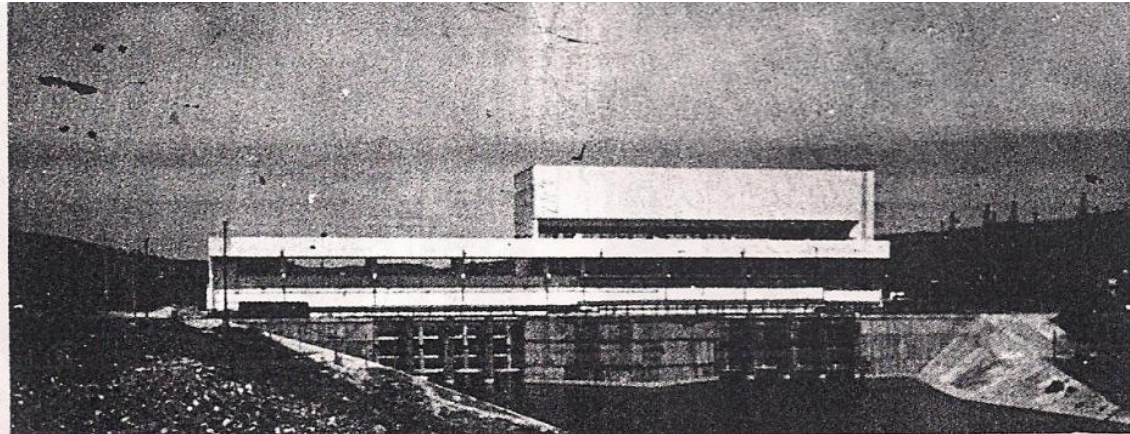
2.3 Situación Actual del Sistema de Bombeo y Acueducto Línea I Chapala-Guadalajara

El Lago de Chapala es la principal fuente de abastecimiento al AMG, ya que aporta el 58% del suministro de agua. La provisión del recurso llega mediante el acueducto Línea I Chapala-Guadalajara, que opera desde 1991. Este ha presentado deficiencias en el suministro en un 40% debido a los 20 años de operación; se estima que este tipo de infraestructuras tienen tiempos de vida de 20 a 30 años, por lo que dicho acueducto está llegando a su etapa final de operación. Por tal situación, en el mes de noviembre de 2010, el Ing. Carlos Hernández Solís quien se desempeña como Gerente Técnico del Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) de Guadalajara, anunció la puesta en marcha de la construcción de la línea II del Acueducto Chapala-Guadalajara, la cual se prevé que entre en operación en el año 2013. Se planea que esta nueva línea extraiga la cantidad anterior más otros 60 millones de metros cúbicos anuales, lo cual registraría un total de 233.45 millones de metros cúbicos anuales, además que se ha estipulado que le quedan 4 años de vida a la línea I, y que esta nueva línea servirá para el suministro de agua al AMG, en el momento que colapse el acueducto ya existente o necesite de mantenimiento.

Los Volúmenes máximos de extracción del Lago de Chapala autorizados para suministrar agua a Guadalajara, no podrán superar los 240 hm^3 , lo que equivale a 240 millones de metros cúbicos anuales ($7.61 \text{ m}^3/\text{s}$)."

S.I.A.P.A solicitó al Instituto de Ingeniería de la UNAM, un estudio para determinar el coeficiente de fricción que presenta actualmente el acueducto construido con tubería de 2.10 de diámetro de concreto pre-reforzado, ya durante el inicio de operación de este sistema el gasto reportado era de $7.15 \text{ m}^3/\text{s}$, y ahora su funcionamiento proporciona un gasto de $5.93 \text{ m}^3/\text{s}$. El estudio mostró que el coeficiente de fricción de Manning, que originalmente era de $n = 0.012$, se modificó a $n = 0.016$, esto debido a que el conducto presenta incrustaciones producidas por el deterioro del paso del agua en el concreto y una cierta descomposición por el efecto de minerales en el agua proveniente del lago Chapala. Evidentemente, esto disminuyó la capacidad de conducción.

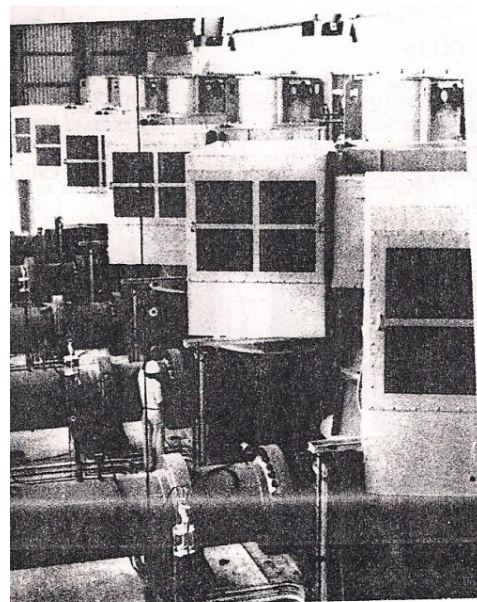
Las reparaciones del acueducto van en aumento, a lo largo de sus 42.6 km de longitud, lo que implica un incremento en su costo de operación, miles de usuarios afectados y además con la perspectiva de que esta situación empeore.



Vista de conjunto de la planta de bombeo captada de la margen izquierda del canal de llamada.



Vista de conjunto que muestra los tramos de tubería del acueducto, antes de ser rellenados.



Conjunto de los motores eléctricos de la planta de bombeo y vista parcial de las tuberías de descarga.

2.4 Situación actual de la fuente de abastecimiento que representan los acuíferos del Área Metropolitana de Guadalajara.

Como ya se mencionó, debido al crecimiento demográfico exponencial en el AMG, en los años 80's y 90's, se necesitó de otras fuentes de abastecimiento. La inmediata solución fue la extracción de las aguas subterráneas.

Se cuenta con el dato histórico que desde 1953 se empezó a extraer agua del subsuelo, cuando inicialmente se aprovecharon los mantos del acuífero superior, mediante perforaciones a los 100 metros de profundidad en promedio, alcanzando el primer manto de roca.

Posteriormente la SARH efectuó perforaciones a 500 metros de profundidad, que sugirieron que existía la posibilidad y la conveniencia de utilizar el acuífero inferior, por ello se procedió a efectuar perforaciones para captar más agua, en donde las perforaciones fueron del orden de más de 300 metros de profundidad, de acuerdo a la capacidad del acuífero.

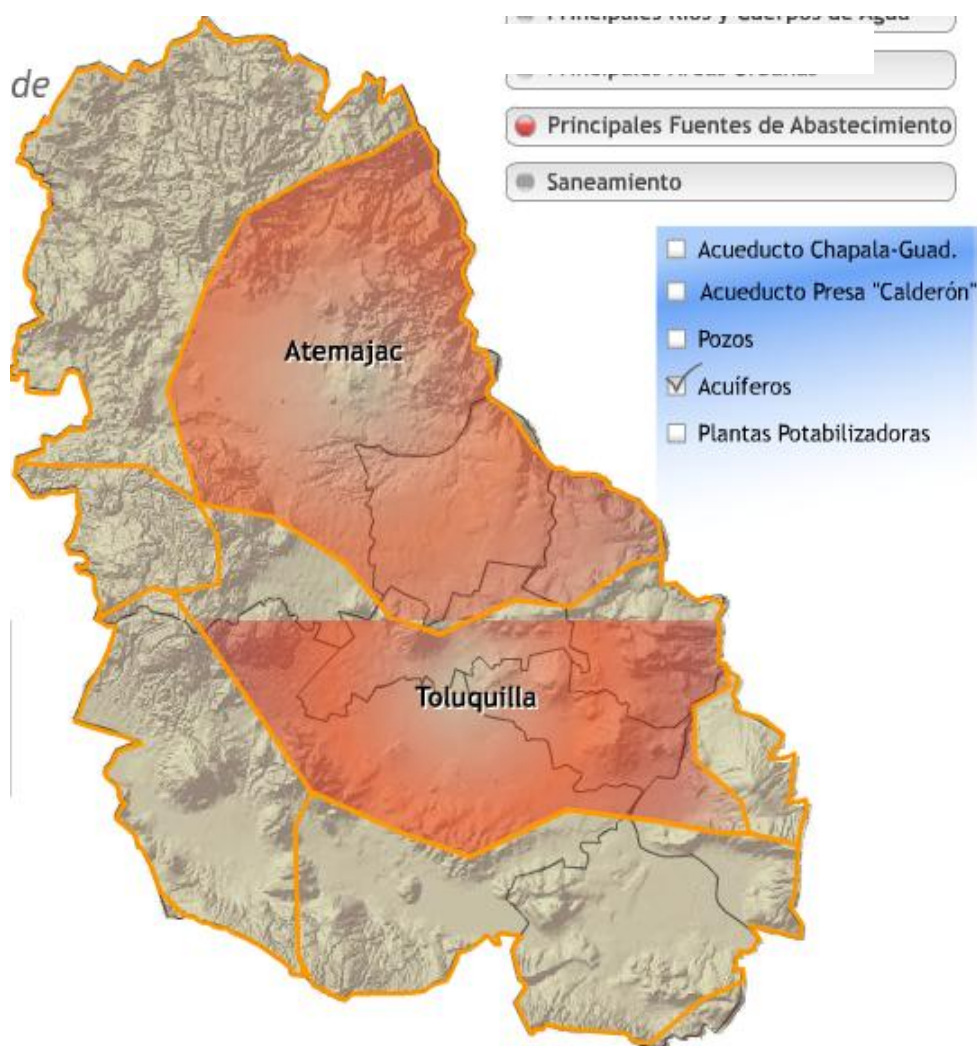
Derivado de esto se empezaron a perforar pozos en los acuíferos de Atemajac y Toluquilla. Ya en 1990 se cuantificaba un aporte de 4.3 m³/s según la SARH.



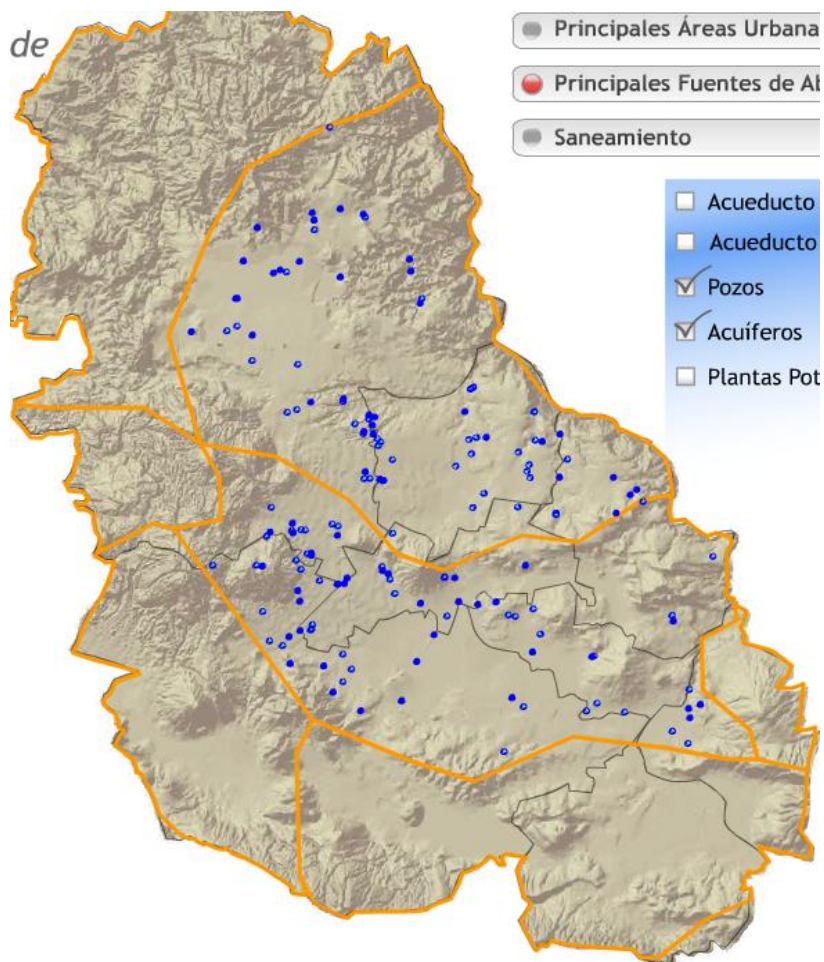
Pozo N° 54. Sistema Tesistán

Actualidad de los Acuíferos

Hoy en día se realiza extracción de agua subterránea por medio de 183 pozos profundos según datos de la CEAJ, los cuales en total aportan un caudal de 2.67 m³/s. De la dotación total del agua que le llega al AMG, esta aportación es la segunda más importante, ya que representa el 27 %. Esta fuente ha preocupado a los organismos operadores del agua, ya que en los últimos años ha presentado números negativos de disponibilidad, además que ha presentado otra inquietud, toda vez que la calidad se ha deteriorado significativamente. Actualmente, el agua de mejor calidad es aportada por los acuíferos, siendo los más importantes el Atemajac y Toluquilla.



Ubicación de los acuíferos el Atemajac y Toluquilla.



Los 183 pozos profundos que extraen agua de los acuíferos Atemajac y Toluquilla

Para el funcionamiento óptimo de los acuíferos es necesario que exista un equilibrio, esto es, que el volumen de agua que se les extrae, debe ser mínimamente el volumen que se le recarga. Este equilibrio no se ha cumplido en los acuíferos que proveen del vital líquido al AMG, ya que según el estudio realizado por la CEAJ en 2009, se reportaron los siguientes datos negativos en disponibilidad de agua para el AMG:

Reducción de volumen detectado con respecto a años anteriores de mejor producción

Acuífero Atemajac: **-20.46 millones de metros cúbicos anuales**

Acuífero Toluquilla: **-16.505 millones de metros cúbicos anuales**

Debido al desequilibrio entre recarga y extracción, se produce un abatimiento de nivel freático. Esto resulta realmente grave, ya que haciendo una comparación de los años 90's con los actuales, se obtienen datos de que en aquel tiempo los pozos se construían a 100 y 300 metros obteniendo un excelente caudal que superaba las necesidades, ahora esto es imposible ya que ahora los pozos superan los 500 metros de profundidad, aunado a que cada vez se obtiene menor caudal del que se necesita, lo que

hace antieconómico invertir en este tipo de infraestructura y por consiguiente se tiene menor disponibilidad del vital recurso.

La forma natural de recargar a los acuíferos es por medio de la infiltración de agua de lluvia, la cual se produce en las zonas de material permeable. Esto ya no se puede presentar, ya que las políticas públicas que en la actualidad se están aplicando han sido inadecuados, toda vez que ni los gobiernos municipales que conforman el AMG, con aprobación SEMARNAT de jerarquía federal en vinculo con la CONAGUA, ni la SEMADES de jerarquía estatal en Jalisco, se han opuesto al ecosidio que ocurre con todas las zonas de reserva ecológica y de recarga de acuíferos. Como ejemplo, se tiene la construcción del estadio OMNILIFE y de la Villa Panamericana, donde los ambientalistas y especialistas de diversas universidades, así como ejidatarios de la zona fueron los que personificaron la disputa por detener dicho atropello, pero finalmente el resultado se dio a favor de estos negocios inmobiliarios que urbanizaron las miles de hectáreas de los diferentes bosques y parques de los pocos que quedan en el AMG, como sucede con la reserva ecológica y de recarga más importante de los acuíferos que se le denomina Bosque de la Primavera, ubicada al noreste del AMG, y que conforma parte de la conocida zona del Bajío y que además representa el pilar de los pulmones de la metrópoli. Esto hizo que las superficies con mejores condiciones de infiltración se hayan impermeabilizado, desequilibrando la recarga de los acuíferos. Lo anterior fue posible debido a la autorización de los cambios de uso de suelo de los Planes de Desarrollo Urbano, además que las supuestas “medidas de mitigación” que emiten los organismos como la SEMADES en aprobación de la SEMARNAT son efímeras, aunado al daño que es irreversible.

IMAGEN CON LOS 3 CAUCES DENTRO DEL PREDIO DE LA VILLA PANAMERICANA

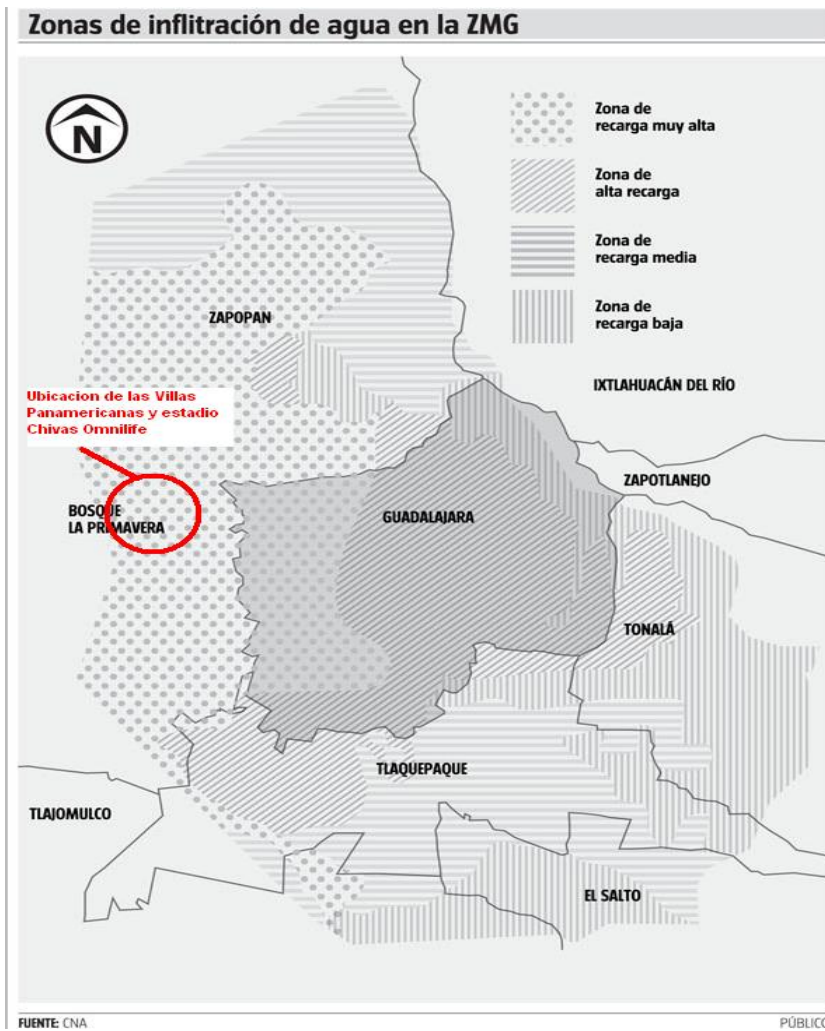


ANÁLISIS DEL PROYECTO PRIVADO "VILLA PANAMERICANA" Y LA AFECTACIÓN A



Estadio Omnilife. Ubicado en la zona denominada el Bajío, cerca de la reserva ecológica del bosque de la Primavera, Zapopan Jalisco.

La calidad del agua que aportan dichos acuíferos, en los últimos datos reportados que han analizado su Índice de Calidad del Agua (ICA), se encuentran entre el 70% y 85% (mayor necesidad de tratamiento), cuando en años anteriores se encontraba entre el 85% y 95% (ligera purificación).



Estudio del AMG por parte de la CONAGUA, donde se muestran las zonas con capacidad de recarga de acuíferos, lo que demuestra una violación con las construcciones antes citadas.

Escala Normativa del Índice de Calidad del Agua (ICA)

%	CRITERIO GENERAL	ABASTECIMIENTO PÚBLICO	RECREACIÓN GENERAL	PESCA Y VIDA ACUÁTICA	INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA	NÁVIGACIÓN
	100	Excelente	No Requiere Purificación	Aceptable	Aceptable	
90	Aceptable	Ligera Purificación	para cualquier deporte acuático	para todos los organismos	Ligera purificación	
80		Mayor Necesidad de Tratamiento			Para algunos procesos	
70	Contaminada		Aceptable No recomendable	Excepto especies muy sensibles Dudosos para especies sensibles	Sin tratamiento	
60					Para la industria normal	
50	Muy Contaminada	Dudoso	Dudoso Contacto con Agua	Solo Organismos Muy Resistentes	Con Tratamiento en la Mayor Parte de la Industria	
40		Inaceptable	Sin Contacto con agua			
30	Inaceptable		Señal de Contaminación	Inaceptable	Uso Muy Restringido	Contaminado

Escala normativa del Índice de Calidad del Agua, ICA.

La principal problemática que tienen de contaminación de acuíferos se deriva de las siguientes situaciones detectadas:

- En el AMG existen 5 rellenos sanitarios que reciben la mayoría de los residuos sólidos de los habitantes, estos son los basureros Los Laureles, Picachos, Hasar's, Matatlán y El Salto. La disputa ciudadana en contra de las autoridades competentes (CEAJ, SIAPA, SEMADES) ha sido por la falta de tratamiento y disposición final de sus lixiviados, ya que se ha demostrado que todos estos se dirigen a los ríos cercanos y se han infiltrado hacia los acuíferos, lo que ha afectado la calidad de vida de las colonias aledañas a dichos tiraderos y la calidad del agua que es suministrada al AMG por medio de la extracción de pozos profundos.
- La infraestructura hidráulica sanitaria data de los años 50's, y no ha tenido el mantenimiento pertinente o el re-emplazamiento, por lo cual se han presentado fugas las cuales se han infiltrado con agua residual cruda hacia los acuíferos.



Nota periodística “El Informador”, “El tiradero Picachos vierte sus lixiviados a arroyos de agua limpia ...”

- En el AMG se encuentra una importante infraestructura de suministro de hidrocarburos que está a cargo de la dependencia paraestatal PEMEX. De la refinería de Salamanca del Estado de Guanajuato, parte un poliducto denominado Salamanca-Guadalajara con sus ramales a las diferentes zonas del AMG, a los cuales se le han detectados fugas que se infiltran hacia los acuíferos debido a los ductos más antiguos y la existencia de tomas clandestinas, un ejemplo fehaciente son las explosiones ocurridas en varias zonas conocidas de Guadalajara, el 22 de Abril de 1992.



Foto de las explosiones del 22 de abril de 1992 en la ciudad de Guadalajara, debido a fugas en los ductos de PEMEX.

Todas estas son las causas más importantes por las que se contamina y se pierde disponibilidad del agua de mejor calidad que la naturaleza nos regala y que no sabemos aprovechar sustentablemente para el AMG.

2.5 Situación Actual de la Presa Calderón

Reseña histórica

Debido al crecimiento demográfico exponencial en el AMG, así como el desarrollo industrial y derramamiento económico que representa la metrópoli en el occidente del país, la demanda de agua fue en aumento y en 1989 se presentó un problema serio de escasez en la disponibilidad de este recurso. En esos tiempos se pensó en dar solución a ese problema, por lo que se decidió actualizar un antiguo proyecto de abastecimiento a la metrópoli como lo fue La Zurda, el cual consistía en el aprovechamiento de la cuenca del río Verde y de su río principal que es el Verde, por medio de la construcción de varias presas, una de ellas conocida con el nombre de La Zurda, así como otras represas, como la Calderón que almacenaría los caudales del río del mismo nombre y se ubicaba en una cuenca más baja denominada Santiago-Guadalajara. Además, fue necesario buscar otra fuente de abastecimiento eficiente, ya que el Lago de Chapala que constituye la principal fuente de provisión del recurso hídrico al AMG se encontraba en considerable peligro de subsistencia, toda vez que la causa principal de su detrimento fue el incremento de los aprovechamientos en la cuenca del río Lerma, que es el primordial efluente del lago, aunado a la disminución de las lluvias y de las constantes extracciones directas al Lago para satisfacer las necesidades de la zona.

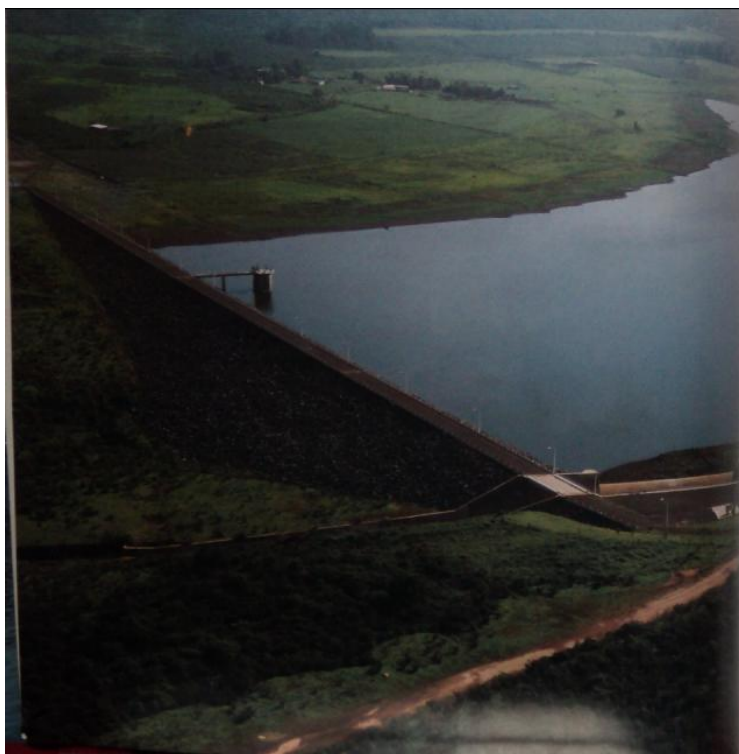
Resultado de esto, se proyectó el sistema denominado La Zurda- Calderón, este sistema contemplaba 3 o 4 presas a lo largo de la cuenca del río Verde y de la misma cuenca Santiago - Guadalajara, las cuales formarían un sistema de presas, en la cual el primer sistema estaba formado por la presa La Zurda, esta se conectaba a la presa de El Salto y finalmente las 2 entregaban sus aportaciones a la presa Calderón, la cual derivaba por gravedad los caudales hacia el AMG. El otro sistema estaría constituido por todos los excedentes de agua que captara la presa La Zurda y la parte de la cuenca media y alta hasta el sitio de la presa derivadora El Purgatorio, que se encuentra ubicada al final de la cuenca del río Verde, con lo que en total se pretendía dotar al AMG de $10 \text{ m}^3/\text{s}$. El 30 de noviembre de 1989, el entonces presidente de la república, Lic. Carlos Salinas de Gortari, ordenó la actualización de los proyectos y el inicio de los trabajos.



Sistema de presas sobre las cuencas río Verde y Santiago- Guadalajara, que conformaban el sistema de abastecimiento La Zurda-Calderón

El gobierno del estado prestó decidido apoyo a esta obra, toda vez que el 16 de Junio de 1991, quedo concluida la presa Calderón, con una capacidad útil de 70 millones de metros cúbicos, y el sistema de conducción de los volúmenes almacenados hasta el AMG. Esta obra costó 333 millones de pesos y se pensaba beneficiar a 576 mil habitantes de la zona norte del AMG.

De este sistema de presas, solo pudieron llevarse a cabo la construcción de la presa Calderón y la presa de El Salto, esta última terminada en 1992, la cual cuenta con 19 años de haber sido construida y que actualmente se encuentra sin ser aprovechada, esta tiene una capacidad de 80 Mm³ y con un volumen útil de 72 Mm³, su función era derivar un gasto que en un primer tramo se conduciría por un canal, para posteriormente a través de un acueducto se derivaran sus aguas a la presa Calderón, de donde se tiene actualmente un acueducto sub utilizado ya que se complementarí con esta derivación. En la actualidad el caudal de agua que hoy abastece al AMG representa el 33.33% del gasto con el que se diseñó el sistema de presas La Zurda- Calderón.

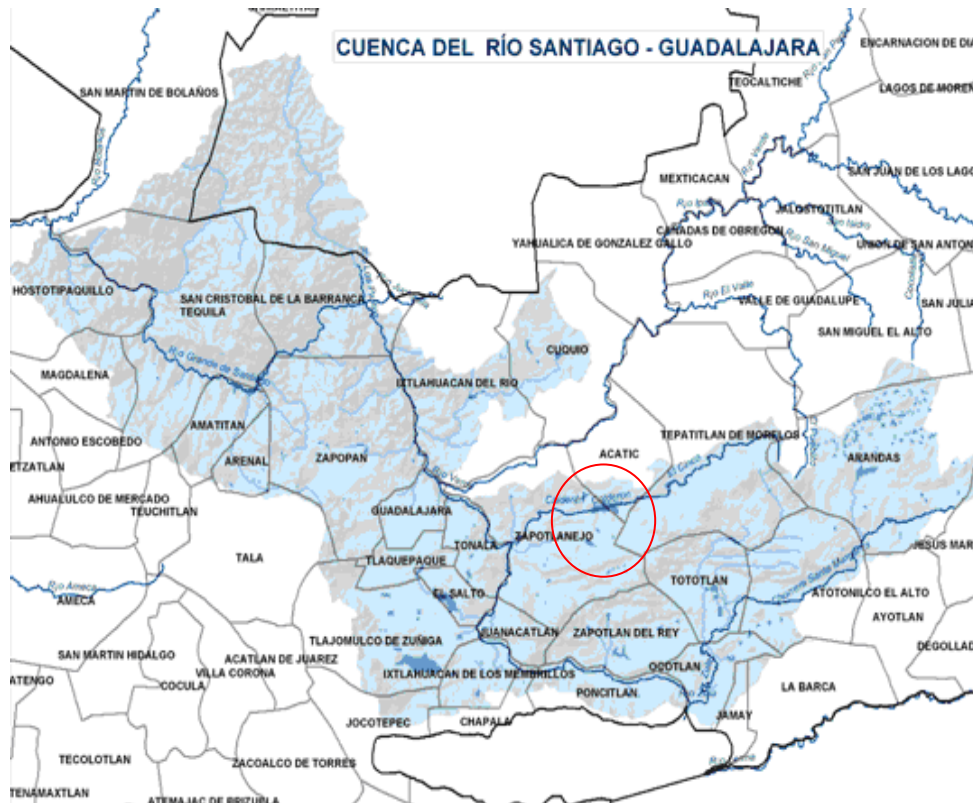


Presa Calderón
vista desde la
margen izquierda.

La presa Calderón se encuentra ubicada en la Cuenca Santiago- Guadalajara, esta obra aprovecha los caudales del río Calderón y existen construidos los siguientes equipamientos: La presa Calderón, El acueducto Calderón- San Gaspar, el sifón invertido del río Santiago, la primera etapa de la potabilizadora numero 3, la primera etapa del acuaférico o anillo de transferencia y obras complementarias.

Por otra parte, las etapas II y III pretendían incrementar los volúmenes de aprovechamiento con miras a los requerimientos proyectados al año 2010. Todo esto consistía en el uso del agua del río Verde y de las subsecuentes presas a construirse.

La construcción de la totalidad de este sistema de presas se vio postpuesta por las explosiones del 22 de Abril de 1992. Estas se debieron a que ductos de hidrocarburos al tener contacto con agua del subsuelo y por efecto de una electrolisis se fugaron e introdujeron al sistema de alcantarillado de varias calles conocidas, llegando a su punto de inflamabilidad, que finalmente se tradujo en la destrucción de 14 kilómetros de calles, siendo la calle de Gante la más afectada. Según cifras oficiales, las explosiones mataron a 209 personas, dejaron casi 500 heridos y 15000 personas quedaron sin hogar. El daño económico estimado es de entre 700 y 1000 millones de dólares.



Cuenca del río Santiago-Guadalajara, donde se ubica el río Calderón.

Descripción del sistema de la presa Calderón

La presa Calderón se localiza sobre el río del mismo nombre en los municipios de Acatic y Zapotlanejo, Jalisco; cuenta con una capacidad útil de 70 Mm^3 y se pretendía suministrar de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ a $3 \text{ m}^3/\text{s}$; su cortina alcanza una altura de 37 m y está construida de materiales graduados con corazón de arcilla, con 700 m de longitud y un volumen de $620,000 \text{ m}^3$; el vertedor de excedencias es de descarga lateral de concreto reforzado de 199 m de longitud, cuenta con cimacio, canal colector, muro de contención, canal de descarga y un puente sobre el mismo canal, el almacenamiento alcanza un área de embalse de 1000 ha.



Vista aérea de la cortina de la presa Calderón.

La presa cuenta con una obra de toma de conducto circular de 2.50 metros de diámetro y una longitud de 82 metros, construido con tubería de acero ahogada en concreto, con un puente de maniobras y una longitud de 36 metros.

A partir del embalse que genera este vaso de almacenamiento, se inicia el acueducto Calderón – San Gaspar, este opera por gravedad con 31 kilómetros de longitud y con una capacidad de diseño de 3 m³/s, todo esto por lo que aportarían las siguientes presas en la cuenca del río Verde; a través de su recorrido se instaló tubería de concreto pre-esforzado de 1.83 metros de diámetro; en 2.38 kilómetros se instaló tubería de acero, tanto para soportar la presión como para cruzar ríos, arroyos importantes, caminos, carreteras y autopistas.

Como parte integral de la línea de conducción, se construyó un sifón invertido de 60" en tubería de acero, el cual se requiere para cruzar el río Santiago del kilómetro 12+920 con una longitud en proyección horizontal de 980 metros y una longitud real de 1107 m; este tramo tiene un desnivel en el fondo del cauce del río, de 270 m. Dicho acueducto alimenta la planta potabilizadora N^o 3 hasta el punto de entrega próximo al poblado de San Gaspar de las Flores, al noreste de Guadalajara, denominado "Planta San Gaspar".



**Acueducto Calderón-San Gaspar
sifón invertido para pasar el río
Santiago**

Situación actual

En la actualidad esta fuente de abastecimiento representa el 11% de dotación a la población del AMG, ya que el acueducto Calderón – San Gaspar solo abastece $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$, contrastando con su capacidad de diseño que es para un gasto de $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$, toda vez que no se concluyeron el sistema de presas que se habían proyectaron, además que el acueducto ya presenta fatiga por sus 20 años de operación, ya que la mayoría del material con el que está construido es concreto pre-esforzado, lo que ha ocasionado fugas en diferentes partes de su trayecto, las cuales el sistema operador no ha podido cuantificar ni monitorear, aunado a que en las paredes de la tubería se ha aumentado significativamente el coeficiente de rugosidad dado que el agua que conduce contiene alto grado de sedimentos.

A la presa nunca se le ha practicado desazolve, por lo cual la capacidad de almacenamiento de los 20 años de operación que lleva, se ha visto afectada considerablemente en los últimos años.

El SIAPA que él es organismo operador de este sistema, en aprobación del la CEAJ, nunca ha presentado, ni se conoce algún proyecto hasta la fecha, de alguna solución a estos problemas, por lo que resulta realmente grave, ya que la infraestructura que aporta el vital liquido se encuentra en deterioro importante y se encuentran en sus fases finales de operación.

2.6 Problemática actual por funcionamiento del sistema de drenaje en el Área Metropolitana de Guadalajara.

Desde los años 90's se dio el más importante crecimiento demográfico en el AMG, por tal situación se tuvo la necesidad de crecer tanto en equipamiento urbano como desarrollo habitacional. La infraestructura hidráulica requirió incrementar las redes de distribución tanto como las de drenaje, ya sea drenaje sanitario o pluvial con sus respectivos colectores. Los organismos operadores de los sistemas de agua como la Comisión Estatal de Agua de Jalisco (CEAJ) y el propio SIAPA decidieron adoptar la política de trabajar conjuntamente el drenaje sanitario y pluvial con la implementación de un "Coeficiente de Seguridad" en su diseño.

El importante desarrollo habitacional ha demostrado que la urbanización ha generado cambios irreversibles en los ambientes naturales, impermeabilizando y compactando el suelo, todo esto modifica la repartición de los componentes del balance hidrológico, como la relación infiltración-escurrimiento-velocidad, alterando las vías naturales de drenaje; muchas se han substituido por tubos (colectores), los pocos cauces que quedan han perdido en parte su capacidad de conducción al generarse una gran cantidad de interferencias, ocasionando que el sistema hidráulico tenga una capacidad finita a tormentas ordinarias, a esto le aunamos errores técnicos, rezago, falta de mantenimiento, lo que ha hecho que el sistema de colectores tenga una incapacidad progresiva de conducción.

Las causas principales de las Inundaciones Severas que año con año se presentan en el AMG son las siguientes:

- Desborde de canales.
- Desborde de cauce natural con interferencias como bardas.
- Concentración del agua en las calles debido a la pérdida del canal natural o producto del diseño de los fraccionamientos.
- Zona bajas con problemas de desagüe.
- Zonas bajas en cuencas completamente urbanizadas.
- Acumulación de agua en antiguos bancos de material.
- Urbanización en márgenes de antiguos cuerpos de agua.
- Falta de capacidad de captación de las bocas de tormenta (por pendiente, diseño, dirección de flujo).
- Retención por elementos urbanos como machuelos, topes, terraplenes, vialidades, la pendiente de rodamiento.
- Falta de alcantarillas, o su taponamiento por sedimentos.

El AMG tiene una capacidad instalada de 152 kilómetros de redes secundarias de recolección de agua residual, y 159 kilómetros de colectores primarios, que son la venas por las fluye el agua residual y que mayoritariamente son vertidas sin ningún tratamiento al Río Grande Santiago.

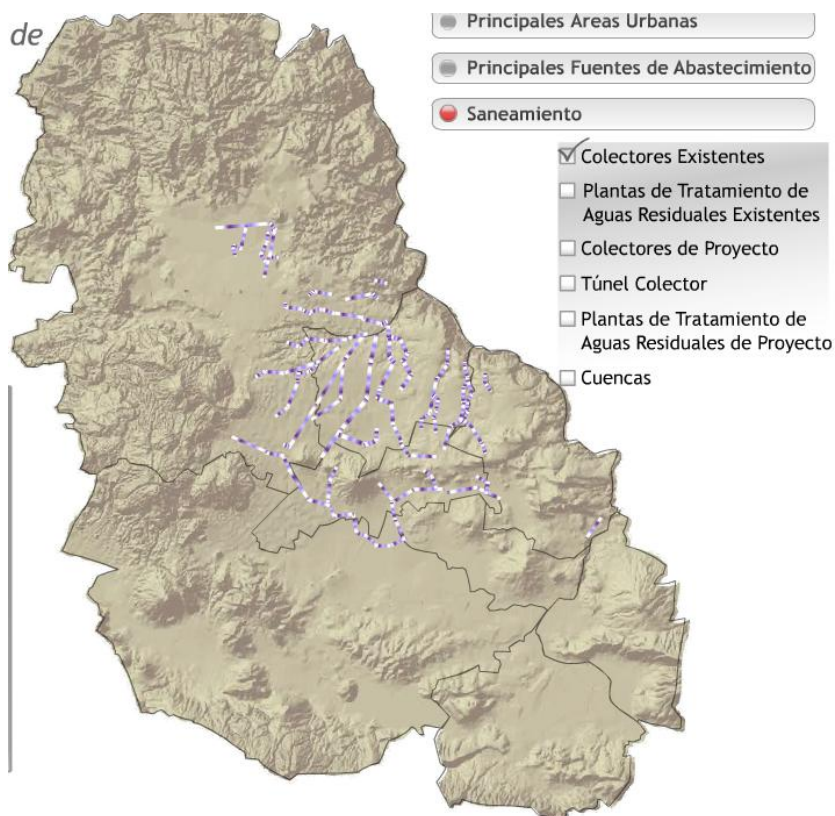


Diagrama de la ubicación de los colectores en el AMG

En el AMG llueve en promedio 850 milímetros al año. El área urbanizada es de alrededor de 625 km² que se podría comprender como superficie impermeabilizada. Al considerar un coeficiente de escurrimiento promedio de las superficies de la metrópoli resulta de 0.8, tomado de los manuales de la CONAGUA, esto da como resultado un volumen anual de agua de lluvia a manejar de 425 millones de metros cúbicos que representan 13.48 m³/s.

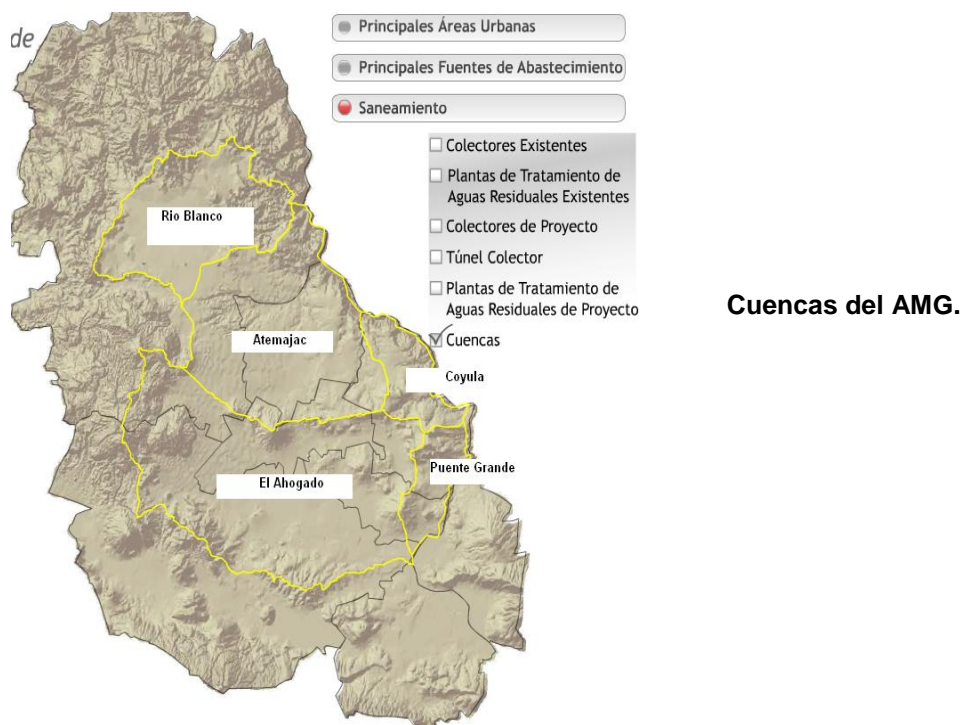
El diseño de drenaje sanitario y pluvial técnicamente funcionan de manera distinta, los criterios con los que se diseñan son totalmente diferentes. En el análisis que realizó la EPA (Agencia de Protección Ambiental, institución estadounidense rectora para estos aspectos) en el año de 1994 para los sistemas de drenaje combinados se describe que *“los sistemas combinados pueden contener altos niveles de sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno, grasas y aceites, materiales flotantes, contaminantes tóxicos, organismos patógenos y otros contaminantes. Estos contaminantes pueden exceder los estándares de calidad del agua, y representar un riesgo a la salud humana, poner en peligro los organismos acuáticos y dañar los cursos del agua. Para sistemas combinados de drenaje se debe tener como mínimo la capacidad de tratamiento primario y desinfección para el 85 % del volumen recolectado de los sistemas combinados con*

base en el promedio anual". Al tenerse este tipo de drenaje combinado se generan focos de infección que afectan a las colonias y ponen en peligro su salud.

Un grupo de especialistas de la Universidad de Guadalajara presentó en 2011 un "Atlas de peligro por Inundación", el cual arroja que existen 300 puntos factibles a la inundación, que contrastan con los 77 que el organismo operador del agua y drenaje SIAPA maneja, lo que a juicio de académicos del Departamento de Geografía y Ordenación Territorial de la U de G, revela la escasa actualización, además de que una parte de la mancha urbana aún no es atendida por esa empresa paraestatal.

Los puntos que ha consignado la investigación del atlas mencionado distribuyen del siguiente modo la ubicación de las inundaciones en el AMG:

- 70 por ciento está ubicado en el valle de Atemajac, asiento original de la ciudad.
- 10 por ciento en Tesistán (Cuenca de Río Blanco), la continuación de la ciudad hacia el poniente;
- 20 por ciento en Toluquilla (Cuenca del Ahogado), amplio valle enclavado tras los parte aguas del sur de la ciudad, donde ahora se crece más rápido y desordenadamente.



Para poder solucionar esta problemática, es necesario conocer prioritariamente su origen, partiendo de un diagnóstico correcto, para así poder establecer una estrategia de mitigación. Las inundaciones son un fenómeno complejo en donde intervienen todo un

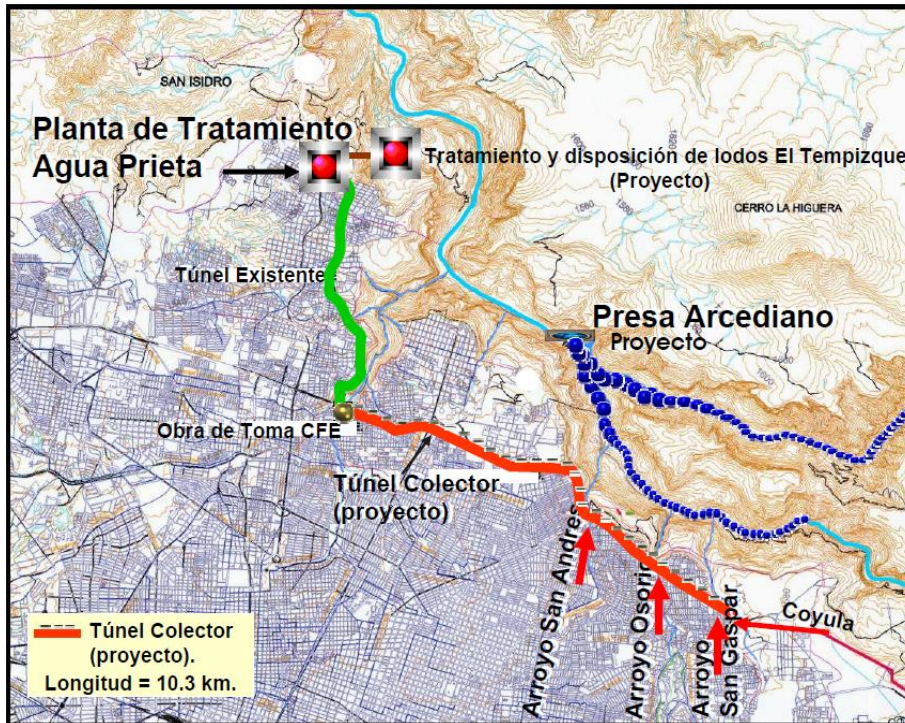
conjunto de variables, que van desde aspectos naturales como el modo de llover, las condiciones propias de las cuencas, hasta los impactos antrópicos.



Periódico Milenio 2009
“Inundación en la Glorieta Niños
Héroes y los Arcos, en algunos
puntos el agua alcanzo hasta 70
centímetros” en el AMG

En el año de 2006, la CEAJ con aprobación de la CONAGUA, presentó el proyecto de saneamiento para el AMG, el cual consta de 2 de las plantas más grandes que se encuentran en Latinoamérica: la de El Ahogado, en el municipio de Tlajomulco, y la de Agua Prieta en el municipio de Zapopan. En especial llama la atención el proyecto de la PTAR de Agua Prieta, la cual tendrá capacidad de tratar $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y un funcionamiento para entregar una calidad del agua tratada con una clasificación tipo C (buena para uso agrícola) y sus parámetros no podrán rebasar los 75 mg/l de sólidos suspendidos totales (SST) y 75 mg/l de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5). El colector principal denominado Túnel Colector San Gaspar – San Juan de Dios, que suministrará de aguas residuales a la PTAR, contempla captar los efluentes de 3 arroyos importantes, el arroyo de San Andrés, Osorio y San Gaspar, estos contienen la mayoría de las descargas residuales del AMG. A continuación se presenta un análisis que demuestra la ineficiencia hidráulica en el diseño de este colector, resultado de contar con sistema combinado en las redes de drenaje.

El sistema de la PTAR de Agua prieta así funcionara:



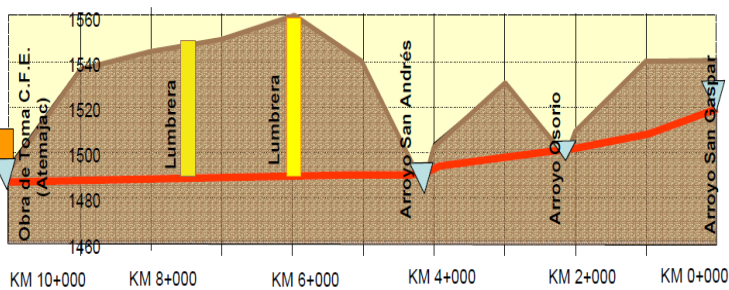
Esquema del funcionamiento del Túnel Colector San Gaspar-San Juan de Dios.



Corte Longitudinal del Túnel Colector San Gaspar – San Juan de Dios

TÚNEL COLECTOR, SAN GASPAR - SAN JUAN DE DIOS

PERFIL

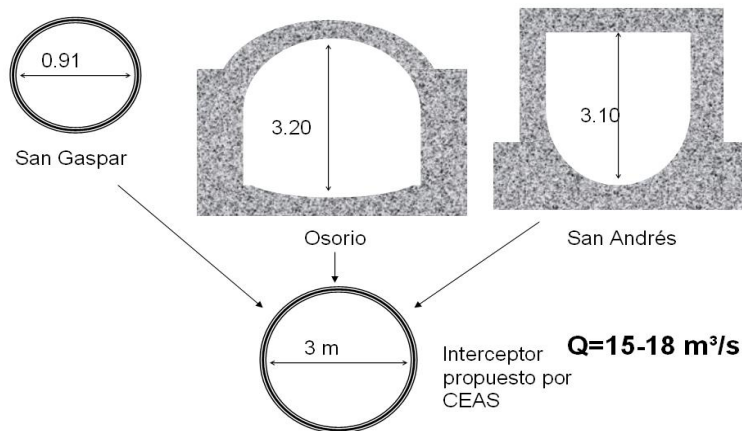


Los aforos realizados en temporada de estiaje por la CEAJ en 2001, a los arroyos involucrados, reportan los siguientes datos del caudal de agua residual a tratar:

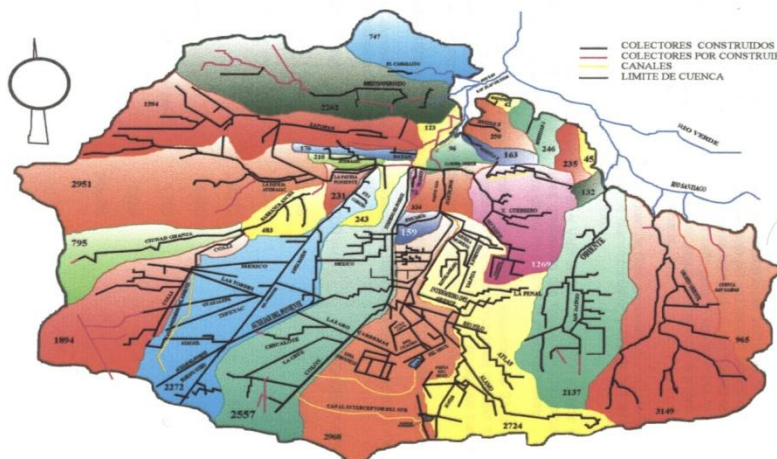
- Arroyo San Andrés: 1.00 m³/s
- Arroyo Osorio :2.23 m³/s
- Arroyo San Gaspar : 2.27 m³/s
- Total de 5.50 m³/s**

Para realizar el diseño hidráulico la CEAJ tomo en cuenta, diámetro del colector, pendiente gobernadora, rugosidad del conducto y demás circunstancias que entran en el diseño, por el cual se obtuvo una eficiencia hidráulica para mover un caudal de **15 a 18 m³/s**.

Capacidad Hidrosanitaria



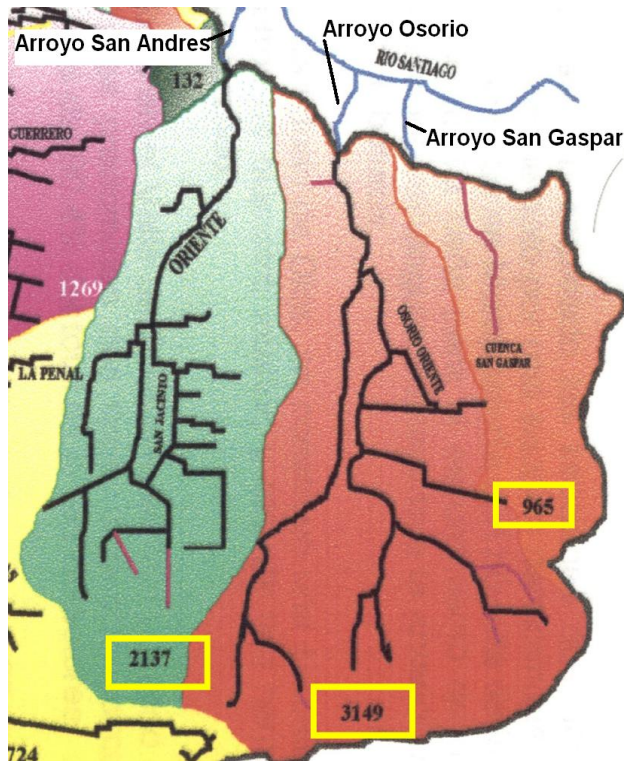
Esquema del funcionamiento del Túnel Colector San Gaspar – San Juan de Dios



SISTEMA DE COLECTORES CON SUS ÁREAS TRIBUTARIAS (Figura F - 2)

Esquema que muestra las micro-Cuencas con sus respectivos colectores de Captación del Agua en sistema combinado y colectores en proyecto, esta es la zona de mayor asentamiento urbano en el AMG.

Para la realización de este trabajo se analizaron las micro-cuencas que forman parte de los tres arroyos y que son las siguientes



Las 3 micro-Cuencas con su respectiva superficie de influencia en unidades de Hectáreas.

Se realizó el análisis de las micro-cuencas haciendo uso del Método de Diseño Racional Americano para un periodo de retorno de 5 años, y se obtuvieron los siguientes gastos de diseño:

- Cuenca San Andrés: 80 m³/s
 - Cuenca Osorio : 98 m³/s
 - Cuenca San Gaspar : 22 m³/s
- Total de 200.00 m³/s**

Como el sistema de drenaje funciona de manera combinada, en temporada de lluvias se tendrá que manejar por el Túnel Colector San Gaspar- San Juan de Dios el siguiente gasto:

- Agua Residual: 5.50 m³/s
 - Agua Pluvial : 200.00 m³/s
- Total 205.50 m³/s**

Esto demuestra que en época de lluvias el Túnel Colector San Gaspar- San Juan de Dios se verá rebasado totalmente, ya que la eficiencia hidráulica con el que fue diseñado no cumple con este escenario. Esto no da una ineficiencia de **-187.50 m³/s**, lo que demuestra que la política aplicada por el SIAPA y la CEAJ para los sistemas de drenaje no fue la correcta.

2.7 Pérdida de disponibilidad de agua por fugas en las redes de distribución en Área Metropolitana de Guadalajara.

La pérdida de disponibilidad de agua por fugas es una situación que se ha presentado desde hace muchos años, a ciencia cierta no se tiene el dato real, ya que no se ha podido controlar al 100% que el volumen abastecido sea el mismo volumen que se produce y finalmente se facture. Las principales problemáticas giran en el clandestinaje de tomas domiciliarias, la falta de control en la presión que es la causa principal de las perdidas por fugas en las redes de distribución, falta de conocimiento en los operadores de válvulas (golpe de ariete en tuberías), tubería fuera de su vida útil, etc. Esta situación genera pérdidas millonarias y el SIAPA que es el organismo operador encargado de vigilar esta situación, no cuenta con datos reales del estado de las redes de distribución, el porcentaje real de fugas etc.

En el 2004 cuando se estuvo promocionando el proyecto hidráulico de la presa de Arcediano, la CEAJ en conjunto del SIAPA, para justificar la falta de agua y apoyar el proyecto reportaron que en el AMG se tenía el 45 % de fugas en las redes de distribución. Ahora en el 2011, estos dos organismos informan que las fugas son sólo del 25 % y así justificar el proyecto hidráulico de la presa El Zapotillo y darle el agua al estado vecino de Guanajuato.

En realidad, no se tiene conocimiento de que el SIAPA o la misma CEAJ hayan realizado algún estudio serio sobre el estado de las redes de distribución, no existe un monitoreo sobre los volúmenes que entran y salen dentro de los circuitos primarios, no hay instrumentación, etc. Ejemplo fehaciente es que el 22 de mayo de 2011, en el municipio de Zapopan en la colonia Balcones de la Cantera, se destruyeron 8 casas a causa de que una tubería de 10" del circuito principal se rompió, dado que lleva más de 30 años en servicio.



Director del organismo operador del agua SIAPA y el Presidente Municipal de Zapopan, visitando las casas destruidas por la rotura de la tubería en la colonia Balcones de la Cantera, Periódico El Mural Mayo 2011,

Es evidente que se pierde muchísima agua por fugas en las redes de distribución, tal como sucedió en el mes de marzo de 2011, cuando se empezó con la restricción del

servicio de agua en el AMG, llamado “Tandeos” a 72 colonias, ya que no se cuenta con la presión suficiente para satisfacer las necesidades y llegar a los sitios más alejados de los tanques de distribución.



Una de las casas destruidas por la mega fuga en la colonia Balcones de la Cantera, Municipio de Zapopan. Periódico El Informador, mayo 2011.

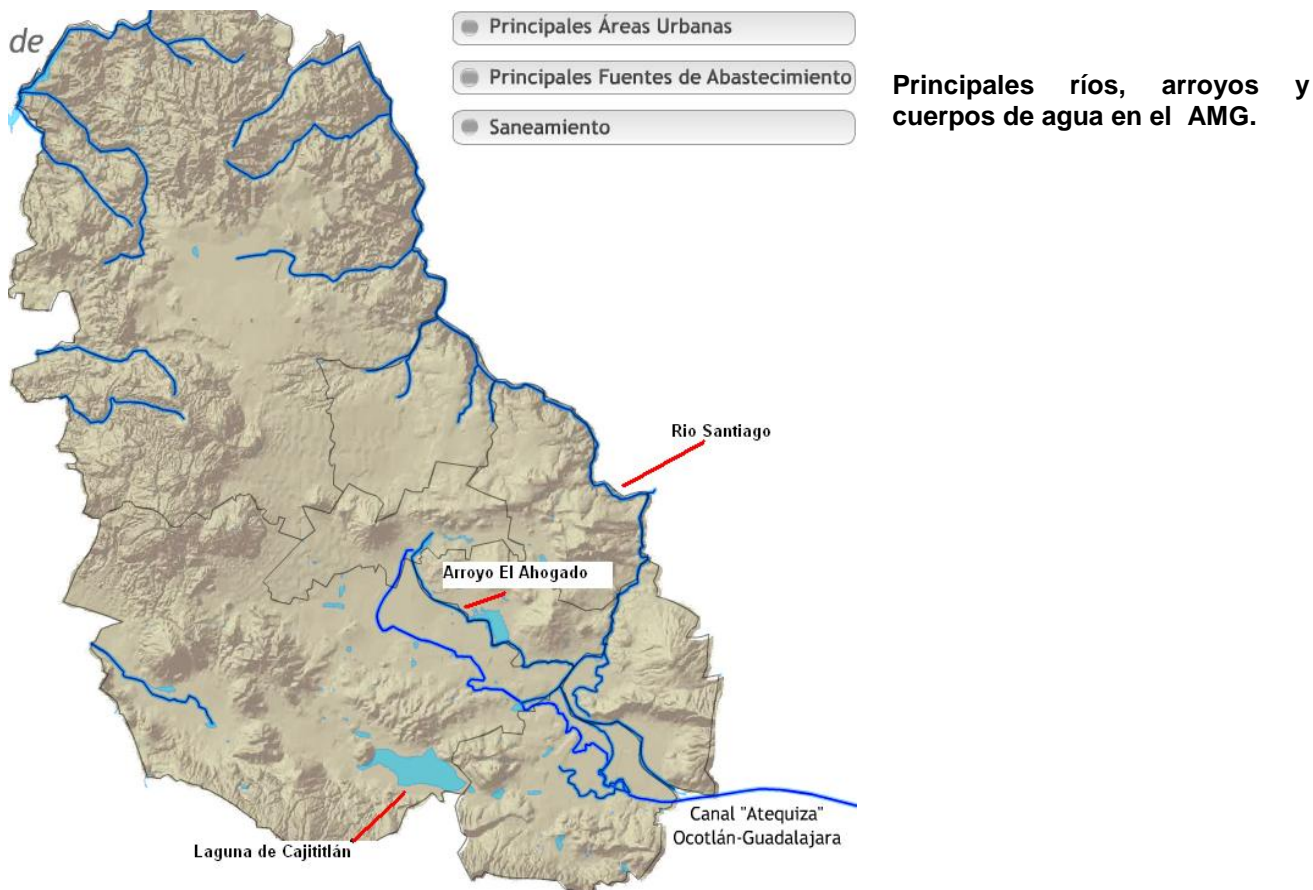
El estudio que realizó la CONAGUA en coordinación con el Instituto Mexicano de tecnología del Agua (IMTA) en 2007, sitúa la media nacional de pérdida de disponibilidad de agua debida a las fugas en las redes de distribución en un 40 % en las poblaciones del país. Tomando este dato como referencia, se estima que se fugan **3.8 m³/s** que serían **119.84 millones de metros cúbicos anuales**, lo cual lleva a hacer una reflexión y pensar que el volumen que abastecen los pozos profundos y la presa Calderón no es aprovechado por los usuarios eficientemente.



Fuga de agua en el parque la Alameda en la ciudad de Guadalajara, el SIAPA se desentiende. Periódico Monitor, julio 2010.

2.8 Situación actual de la contaminación del sistema de drenaje, ríos, arroyos y cuerpos de agua en el Área Metropolitana de Guadalajara.

El problema ambiental que representa la contaminación de ríos, arroyos y cuerpos de agua juega un papel importante en la calidad de vida de las personas que habitan en la cercanía de ellos. A lo largo de los siglos, las poblaciones se asentaron en la cercanía de ríos, arroyos o cuerpos de agua, ya que esto representaba fuentes de desarrollo para las mismas. La ubicación del AMG no es la excepción, toda vez que se encuentra en la región hidrológica N° 12 Lerma-Santiago-Pacífico, en la cuenca río Santiago-Guadalajara, en esta existen arroyos importantes como el Ahogado, Osorio, San Gaspar, San Andrés, y ríos importantes como el San Juan de Dios y el mismo Grande Santiago. Además de los cuerpos de agua como la presa las Pintas, presa Corona, presa Calera, presa El Ahogado, varios bordos, la laguna de Cajititlán y hacia el sur del AMG el lago más importante del país, el Lago de Chapala, que funge como principal fuente de abastecimiento hacia la metrópoli.



En la actualidad, es indispensable el saneamiento de nuestras aguas, es de suma importancia en el desarrollo de las metrópolis, principalmente por la afectación ambiental que producen si están contaminadas. La disponibilidad de agua es cada vez una tarea

más difícil de resolver, por lo cual, el saneamiento de ella es vital para que la poca con la que se cuenta sólo se utilice en la población, y el agua saneada se reutilice en otro uso que no sea doméstico, tales como: riego de jardines, agricultura, ganadería, plantas hidroeléctricas, lavado de automóviles, etc.

La situación actual de la contaminación de los ríos, arroyos y cuerpos de agua en el AMG presentan un problema realmente grave, se tienen estudios certificados de que existen industrias que vierten indiscriminadamente aguas contaminantes de alta toxicidad a ríos, arroyos y drenajes, tales agentes contaminantes como son hidrocarburos, poli cíclicos aromáticos, benceno, tolueno, fenol, tetracloroetano y arsénico, reconocidos como carcinogénicos. Alarma la situación del altísimo grado de contaminación en la que se encuentra el río Santiago; a este lo alimenta un importante arroyo que recorre gran parte de la metrópoli, donde se asientan las importantes zonas industriales, el famoso arroyo del Ahogado que forma parte de la presa de El Ahogado. En las inmediaciones de este arroyo se le vierten descargas industriales de las más de 1500 plantas industriales pequeñas y medianas de las que se le desconocen sus procesos productivos. Algunas de las más grandes y mas riesgosas son: SF Sachs Suspensión México S.A. de C.V., Quimikao S.A. de C.V., Grivatec S.A. de C.V., Hilasal Mexicana S.A. de C.V., IBM de México S.A. de C.V., Industrias Petroquímicas Mexicanas S.A. de C.V., Ciba Especialidades Químicas, Nestlé, industrial Ocotlán, etc.



Foto de la tubería de una empresa industrial vertiendo sus aguas al arroyo del Ahogado que es el que alimenta al río Grande Santiago.

De los vasos de almacenamiento que se encuentran dentro del AMG, que a través de los años se han ido conformado, tanto naturalmente como por la mano del hombre, se encuentran los más importantes:

- La Laguna de Cajititlán, que hace unos cientos de años formaba parte del famoso vaso lacustre Lago de Chapala, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga y que se suministra de agua principalmente del canal el Guayabo y algunos ríos tributarios de la cuenca, además de las descargas municipales del municipio ribereño. Esta laguna sirve como atractivo turístico a las poblaciones ribereñas y agua para el cultivo agrícola de la región.



Foto de peces muertos en el río Santiago. Periódico el Informador, 2009.

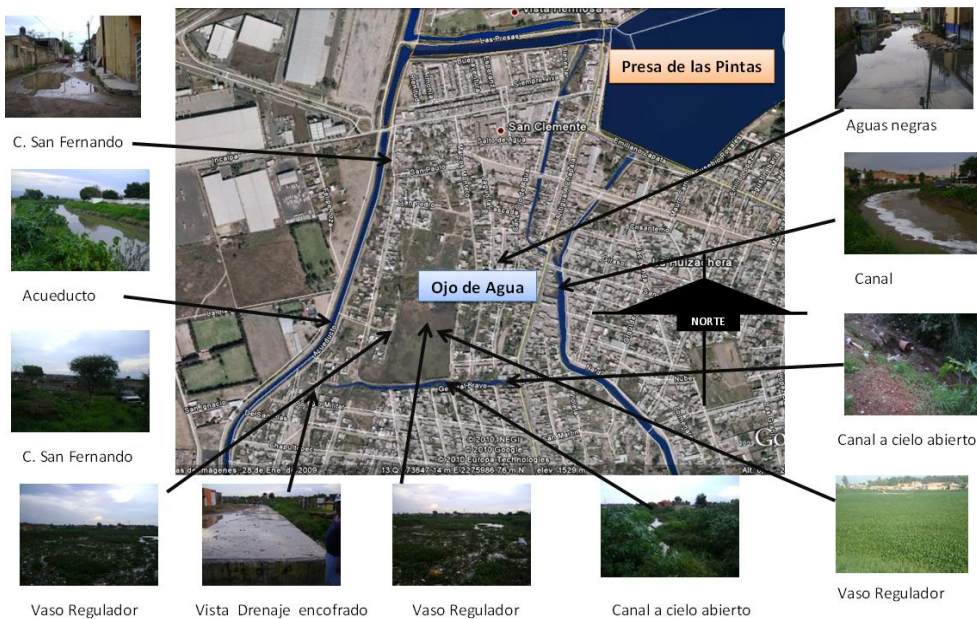
- La presa El Ahogado, ubicada en el municipio de Juanacatlán, que fue construida con los efluentes del arroyo El Ahogado, la cual confluye unos kilómetros aguas abajo con el río Grande Santiago, esta sirve para almacenar todos los efluentes contaminados de la zona industrial ubicada en su margen izquierda.
- Presa las Pintas, ubicada en el municipio de Tlaquepaque, que fue diseñada para suministrar de agua al AMG, esta se abastece del canal Las Pintas, el cual forma parte de un sistema arcaico de abastecimiento de agua para el AMG. Nace en el municipio ribereño de Ocotlán por el Río Grande Santiago, se deriva el agua por la Presa Corona mediante el Canal de Atequiza, este llega a la presa Calera y finalmente deriva agua al AMG mediante el Canal de las Pintas. Además de derivar recurso hídrico para la laguna de Cajititlán mediante el canal el Guayabo.



Todos estos se encuentran en situaciones críticas de subsistencia por las siguientes situaciones:

- Se encuentran altamente contaminados por la situación antes mencionada.
- Su función como vasos de almacenamiento y reguladores de caudales se han visto reducidos notablemente por el alto azolvamiento en el que se encuentran, lo que ha contribuido a que en tiempos de lluvias se vean desbordadas y generen inundaciones en las colonias aledañas, aunado al foco de infección que esto genera. Además que por parte de la CEAJ y el mismo SIAPA que es el encargado directamente, no les ha dado la atención necesaria para combatir esta problemática.

4 REPORTE FOTOGRAFICO



Colonia Ojo de Agua, Municipio de Tlaquepaque. Año con año esta colonia sufre el embate de las inundaciones por la presa Las Pintas. Estudio por el Congreso del Estado de Jalisco 2011.

ASENTAMIENTO:

OJO DE AGUA



Presa El Ahogado, declarada dentro del polígono de fragilidad ambiental por la SEMADES en marzo de 2011.

En febrero del año 2010, la CEAJ por medio de su Dirección de Cuencas y Sustentabilidad realizaron estudios en diferentes puntos del trayecto para evaluar la calidad del agua de los ríos Santiago y Zula, además del arroyo del Ahogado. Los cuales arrojaron datos impresionantes del grado de contaminación en el que se encuentran.



Ubicación de los sitios donde se realizó el análisis de la calidad sobre el río Santiago, Zula y el Arroyo del Ahogado.



Foto de uno de los sitios donde se realizó el análisis de la calidad de agua.

Los resultados del arroyo del Ahogado y del río Santiago indican que se encuentran fuertemente contaminados, con alto grado de metales pesados, totalmente fuera de las normativas ambientales expedidas por la SEMARNAT.

Parámetros	Unidad	RS4-Salto-Juanacatlán	Ley Fed. de Der.
		16/02/2010	Uso 3-Prof. Vida A.
Fisicoquímicos			
Temperatura	°C	18.30	C.N.+ 1.5
pH	Unid. pH	7.50	6.5-8.5
Oxígeno Disuelto	mg/l	0.55	5.00
Conductividad	µS/cm	1051	-
Turbiedad	UNT	45	-
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /l	385.00	≥ 25 % Alc. Nat.
Cloruros Totales	mg/l	59.00	250.00
Dureza Total	mg CaCO ₃ /l	198.00	-
Fluoruros	mg/l	0.96	1.00
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	<0.25	-
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0.026	-
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	9.36	0.06
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	18.13	-
Sulfatos	mg/l	52.93	-
SAAM	mg/l	4.58	0.1
DBO5	mg/l	35.22	≤ 30 (ICA-CNA)
DQO	mg/l	176.59	≤ 40 (ICA-CNA)
Grasas y Aceites	mg/l	<5	10.00
Fósforo Total	mg/l	4.81	0.05
Sólidos Suspendedos Tot.	mg/l	14	30
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	640	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	<0.1	-
Sulfuros	mg/l	20.01	0.002
Metales Pesados			
Aluminio	mg/l	0.337	0.05
Arsénico	mg/l	<0.005	0.2000
Bario	mg/l	<0.1	0.0100
Cadmio	mg/l	<0.001	0.0040
Cobre	mg/l	<0.1	0.0500
Cromo	mg/l	<0.05	0.0500
Hierro	mg/l	0.221	1.0000
Manganeso	mg/l	0.3260	-
Mercurio	mg/l	<0.001	0.0005
Níquel	mg/l	<0.1	0.6000
Plomo	mg/l	<0.01	0.0300
Sodio	mg/l	90.10	-
Zinc	mg/l	<0.05	0.020
Microbiológicos			
Coliformes Totales	NMP/100 ml	11000000	-
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	11000000	1000

Interpretación de resultados.

Siete parámetros Fisicoquímicos, un Metal Pesado y los Coliformes Fecales incumplen con los Lineamientos de Calidad del Agua de la Ley Federal de Derechos (LFD) para Uso 3 de Protección a la Vida Acuática.

El oxígeno disuelto en este punto está bajo para el desarrollo y protección de vida acuática, lo ideal es mayor o igual de 5 y tuvo 0.55 mg/l.

Encontramos nitrógeno amoniacal por encima de lo requerido para la protección de la vida acuática.

Se detectaron detergentes (SAAM) en el agua, que por su contenido de fosfatos favorecen la proliferación de malezas acuáticas.

La DBO5 nos muestra que el agua está contaminada de materia orgánica proveniente de desechos municipales.

La concentración de Demanda Química de Oxígeno obtenida nos muestra que el agua del Río contiene desechos de origen no municipal: industrial, agrícola, u otros.

Hay presencia de fósforo en el agua, lo que favorece el crecimiento de plantas en la superficie, puede provenir de diversas fuentes: detergentes, fertilizantes, desechos humanos, entre otros.

La cantidad de sulfuros obtenida en el agua es muy alta provocando olores desagradables en la zona.

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicatos. Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos.

En el análisis de Coliformes Fecales se encontraron valores por encima de lo permitido en la LFD, producto de la contaminación por heces fecales.

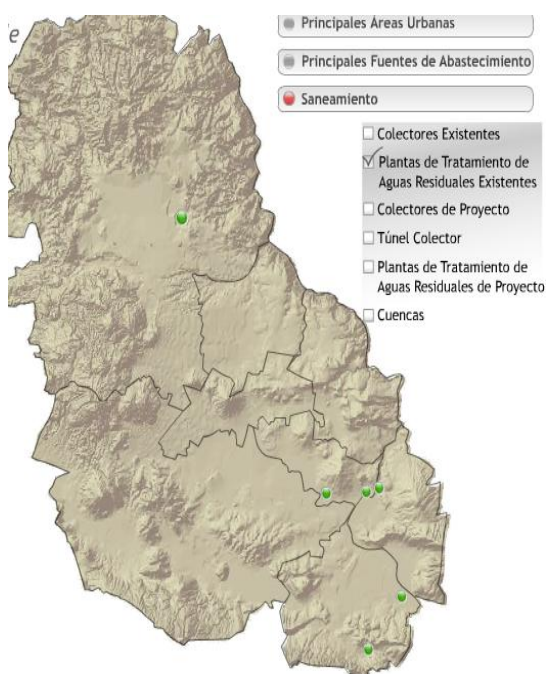
Resultado del análisis de la calidad de agua del arroyo del Ahogado y río Santiago, donde se demuestran el alto grado de contaminación que tienen.

En el año de 2011, por fin la SEMADES pronuncio que el río Santiago se encontraba en estado de contingencia ambiental; esto desde el 2000 ya ha cobrado pérdidas humanas. Un estudio del ITESO arroja que por el grado de contaminación en la que se encuentra el río Santiago en las poblaciones del Salto y Juanacatlán “*Los casos abarcan personas con tumores cancerígenos, sarcoma de Edwin, mieloma múltiple, insuficiencia renal, cáncer de mama y enfermedades de la piel*”, la pérdida humana que más se ha escuchado y dolido a las poblaciones, ha sido la ocurrida el 13 de febrero de 2008, después de que 19 días antes el niño Miguel Ángel López Rocha de 8 años estuviera agonizando, vecino del fraccionamiento la Azucena en el municipio de El Salto, el cual cayera y bebiera agua del contaminadísimo río Santiago. Esto fue ocasionado por un paro respiratorio, en donde la autopsia demostró que el agua que bebió estaba altamente contaminada con arsénico, cianuro y mercurio.

Se tiene conocimiento de la normativa ambiental NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, en donde se declaró que la fecha límite para cumplir con esta norma fue el 1 de enero del 2000 para poblaciones mayores a 50 mil habitantes, estableciéndose también que si alguna descarga no cumple con esta normatividad la misma industria o ente gubernamental es la responsable del tratamiento de su propia agua residual. Además, que en conjunto existe la Normatividad Ambiental NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de calidad de agua residual en las descargas a los sistemas de alcantarillado y que la fecha para ser aplicable es a partir del 1 de enero de 1999 para poblaciones

mayores a 50 mil habitantes. Y que a pesar de que caducaron las fechas para el cumplimiento de dichas normatividades ambientales, en la metrópoli nunca se han cumplido, tal ejemplo es lo que sucede con el río Santiago que nace en el Lago de Chapala y rodea el AMG, es actualmente el más contaminado del país, dado que todos los arroyos y colectores que descargan aguas residuales e industriales ninguno cumple que la normatividad antes mencionada.

En el AMG solo existen 6 PTARs, 2 de ellas en el municipio de Ixtlahuacán de los Membrillos las cuales tratan 16 l/s y 25 l/s, una en Juanacatlán que trata 40 l/s, dos en el Salto que tratan 32 l/s y 4 l/s y una en Zapopan que trata 150 l/s, con un total de tratamiento de 267 l/s.



Ubicación de las PTAR que existen en operación en el AMG.



Estas plantas son insuficientes para darle el tratamiento adecuado al agua residual, ya que esto se debe principalmente a:

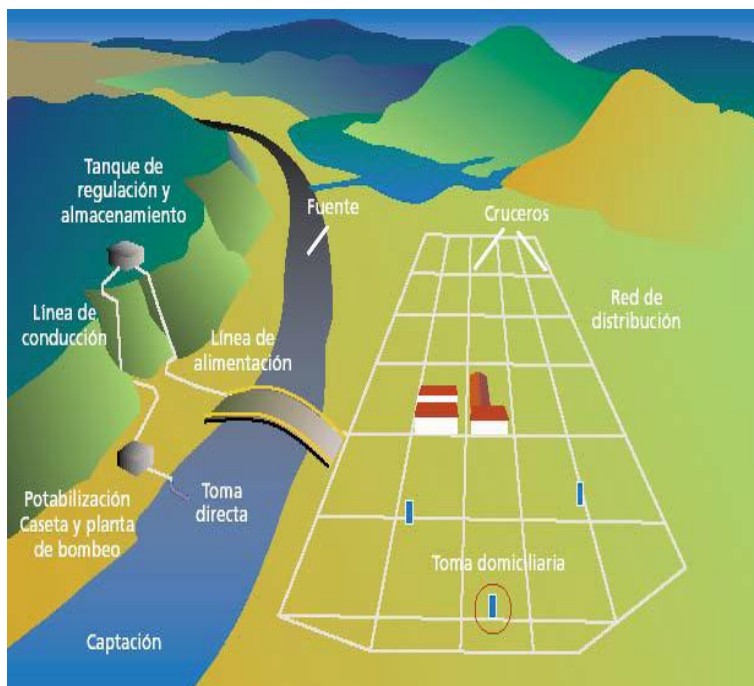
- Los colectores que suministran el agua residual funcionan de manera combinada (residual y pluvial), por lo que se ven rebasadas en tiempo de lluvias.
- Los tratamientos de las plantas no están preparados para tratar agua contaminada industrialmente, que es una de las causas por la que el río Santiago se encuentra en contingencia ambiental.
- En época de estiaje los colectores de agua combinada (residual y pluvial) del AMG registran un total de agua residual de 10 mil 750 l/s, cuando la capacidad instalada a tratar es de 267 l/s, por lo que se demuestra que las PTARs están rebasadas en capacidad, ya que solo tratan el 2.4 % del agua residual (datos de aforo de la CEAJ en 2006).

Todos estos argumentos son los que ubican al AMG en un gran deterioro ambiental a los ríos, arroyos y cuerpos de agua que existen en ella.

3.1 Solución de fugas en las redes de distribución para el Área Metropolitana de Guadalajara.

Debido al grave déficit existente para cubrir la demanda de agua en el AMG y el crecimiento demográfico exponencial que se está teniendo, resulta imprescindible el aplicar la metodología exhibida por la misma CONAGUA en coordinación con el IMTA, la cual desde 2007 representa la mejor solución para manejar el agua disponible en la fase de distribución, en donde se enfrenta la pérdida de este recurso por fugas en las tuberías de este sistema, esta es la **“Sectorización en Redes de Agua Potable”**. Esta metodología constituye para los organismos operadores una facilidad en la operación de la red de distribución, permitiendo un mayor control de los volúmenes de agua que entran y salen del sistema, y sobre todo, regula la presión interna en la tubería, lo que deriva una importante reducción de fugas.

En las poblaciones casi siempre existen asentamientos humanos irregulares que nunca fueron planificados, y que por la necesidad de abastecerse del vital recurso, se conectan a la red de distribución, lo que genera un cambio total en el equilibrio hidráulico con el que fue proyectado. Tal situación origina que los organismos operadores del agua recurran al tan conocido *“tandeo”*, que no es más que suministrar a los usuarios por medio de ciclos, que significa dejarlos sin abastecimiento de agua por horas, días o a veces hasta semanas.



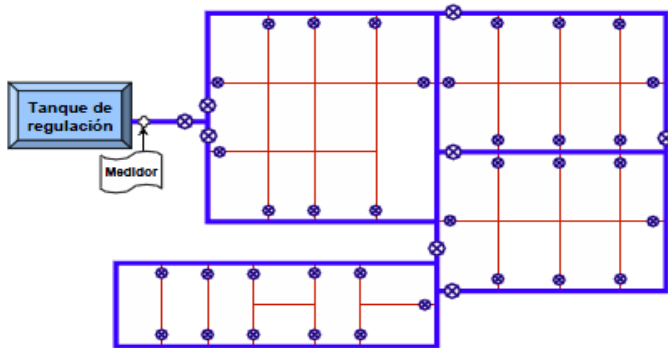
Sistema convencional de captación, conducción y distribución de agua en las poblaciones mexicanas.

Los principales factores que influyen en las fugas en las redes de distribución son:

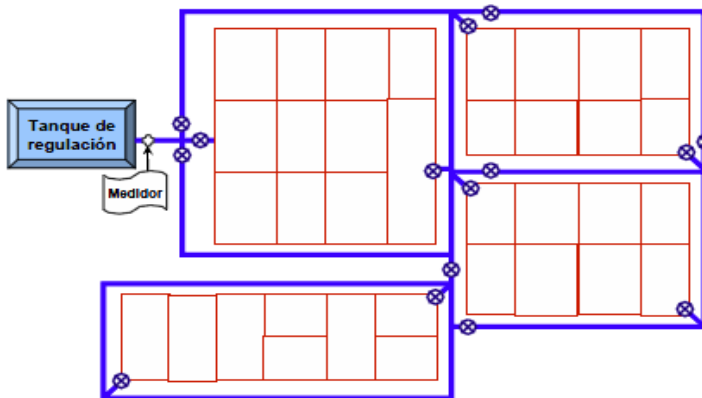
- Los operadores de válvulas aplican sus prácticas artesanales para hacer llegar el agua a los usuarios más alejados de las fuentes de suministro o a los de las zonas más altas topográficamente hablando, lo que prioritariamente se traduce en una mala operación en el cierre y apertura de las válvulas, generando fenómenos de transitorio hidráulico que a lo largo del tiempo generan fatiga en la tubería o las mismas fugas en el instante, además que esta práctica ha demostrado que conducen a un deterioro prematuro en las tuberías.
- Algunas de las ciudades del país y de la propia AMG, han optado por conectar bombeos directos de los pozos a las redes de distribución, lo que ha encarecido su operación, ya que se salen de la zona eficiente de operación, como resultado de que las demandas de los usuarios son fluctuantes a lo largo del día, lo que genera fenómenos transitorios que producen esfuerzos y fatiga en los materiales de las tuberías.
- La demanda de los usuarios es fluctuante a lo largo del día, toda vez que en los horarios de la madrugada, dentro del intervalo de las 24:00 a las 5:00 horas la demanda es mínima o nula, lo que genera un importante incremento en la presión interna de las tuberías, que se manifiesta con el aumento de la presencia de fugas.
- Otro motivo de fallas en las redes, son la falta de mantenimiento en la infraestructura hidráulica, el incremento del coeficiente de rugosidad en las tuberías, etc., que en los casos de las bombas reducen su eficiencia, además que generan incrementos en los costos de energía eléctrica y demeritan la calidad del servicio.

Los estudios efectuados han determinado que el promedio de las pérdidas por fugas en las redes de distribución se encuentra aproximadamente del orden del 40 %, lo que para el AMG representa la pérdida injustificada de **3.8 m³/s** que equivalen a **120 millones de metros cúbicos anuales**. De estas pérdidas se tienen detectadas que el 68% se generan en las tomas domiciliarias y el 32% en las redes de distribución.

El título de “*Sectorización en Redes de Agua Potable*” nace por la preocupación de los científicos involucrados en la materia para contrarrestar tal problemática agobiante para los organismos operadores del agua. Esta metodología significa dividir las redes de distribución en sectores o zonas de suministros autónomos, más no independientes, en el cual los circuitos de tubería que conformen un sector o zona cuenten con características homogéneas para la facilidad de operación.



Esquema convencional del funcionamiento la red de distribución de agua.



Esquema del funcionamiento la red de distribución de agua sectorizada.

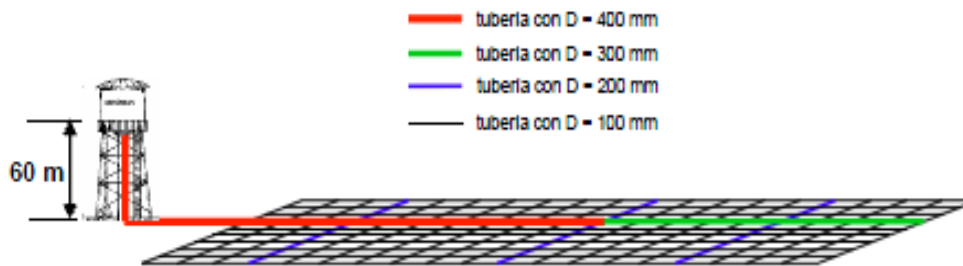
Esto conlleva a que resulte más sencillo el control de caudales entrantes en cada sector, las presiones internas en la tubería, las demandas y el consumo, además de las pérdidas por fugas y el conocimiento de las tomas clandestinas.

Para llevarse a cabo dicha metodología es necesario realizar un diagnóstico riguroso con información fehaciente de la situación real de la operación actual de la red de distribución, la actualización de catastro, para de ahí partir y a su vez proyectar una reingeniería de las posibles soluciones de la sectorización, apoyado de un modelador hidráulico que presente los diferentes escenarios y así la toma de decisiones sea la óptima. Dicha implementación se le debe hacer un estudio de factibilidad económica para que dicha metodología resulte redituable en costo-beneficio. El cuerpo de esta modalidad se la dan la instalación de válvulas de seccionamiento y control de presiones, cortes para circuitos autónomos, sumado a la obra civil de instalación de tubería de interconexión,

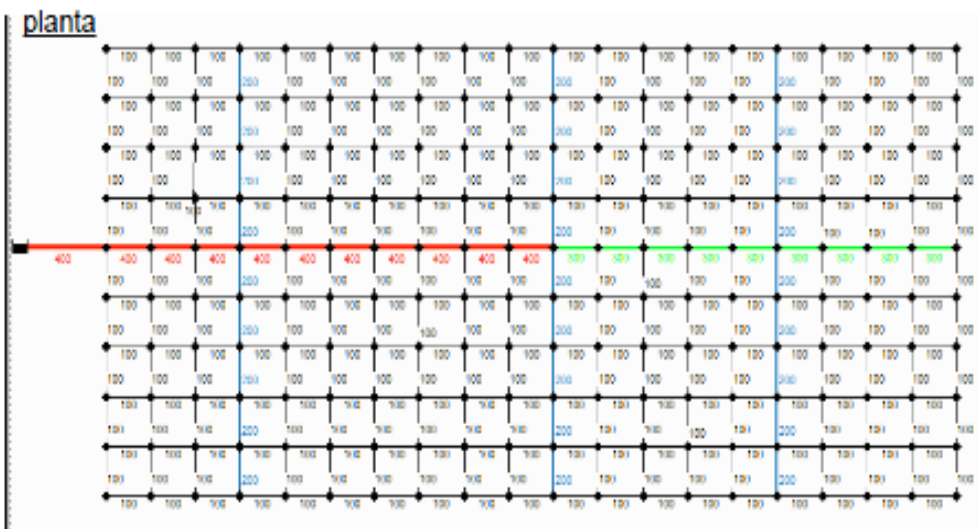
rehabilitación de tubería existente, nuevos tanques de regulación, tecnificación para el sistema de monitoreo de caudales en los circuitos, etc.

Como ya se menciona, para este proceso de sectorización es importante la implementación de un modelador hidráulico, el cual simule los diferentes escenarios que se podrían presentar con esta metodología, la CONAGUA para sustentar técnicamente esta metodología realizó una modelación en el programa EPANET, el cual fue realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM a petición de la CONAGUA.

Esquema de la red utilizada para la simulación.



Modelación de una red de distribución, con el software EPANET.

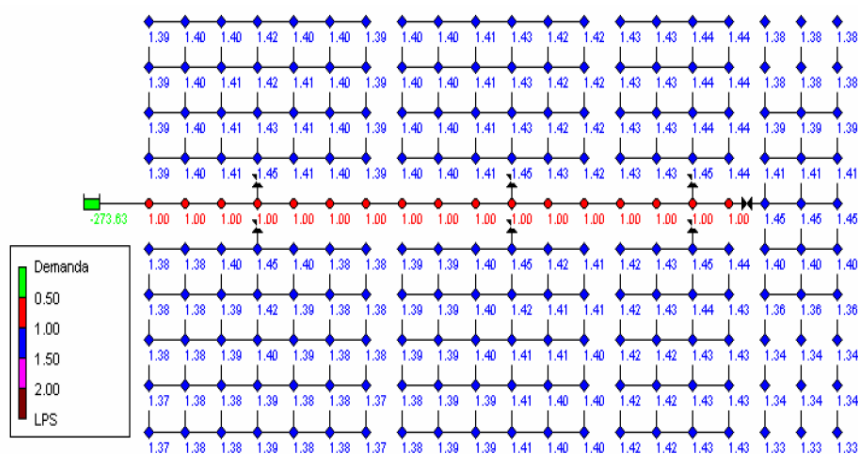


En dicha modelación se utilizaron diferentes condiciones de operación de la red, como lo fueron:

- Reparación de tubería
- Sectorización de la red
- Control de la presión interna, mediante válvulas reguladoras de presión.
- Combinación de las antes mencionadas
- La disminución de los consumos derivado de un incremento de las tarifas, micro medición, etc.

Los resultados de la modelación arrojaron datos impresionantes, los cuales demuestran la importancia de la implementación de esta metodología. Resultados, donde el funcionamiento convencional contribuye con fugas del orden del 55%, y que haciendo una combinación eficiente de los implementos que le dan cuerpo a la sectorización se podrían reducir hasta el 27 %, lo que resultaría altamente redituable en ahorro de costo y consumo, aumentado significativamente la disponibilidad del vital recurso, esto motiva a la aplicación de un estudio serio de factibilidad para su aplicación en los sistemas de redes del AMG.

Caudales en los nudos después de instalar las VPR (presión de entrada a cada sector de 15 mca), y reparada la línea principal de distribución.



Simulación de la sectorización en una red de distribución.

Este ejemplo es muy didáctico, pero para que estas modelaciones sean más apegadas a la realidad, se tiene que contar con la información fidedigna del diagnóstico de la red, para así poder sacarle el mayor provecho a dicha modelación.

La aplicación de esta metodología con excelentes resultados la respaldan los testimonios de varios países europeos y algunas ciudades de México, donde ha sido gratificante el ahorro económico y de este recurso vital.

Ya se cuentan con ejemplos claros en ciudades de México, uno de ellos fue en el estado de Querétaro, en la ciudad de Querétaro, en la cédula 65 denominada "Las Teresas", estas arrojaron una reducción de fugas de un 45.6% a un 0.22 %, que dio los siguientes beneficios económicos:

- Reducción en costos de producción derivado de las pérdidas físicas.
- Incrementos económicos al organismo operador, por la contratación de usuarios clandestinos.
- Incrementos económicos al organismo operador, por el aumento en la facturación de usuarios clandestinos, además de la regularización de usuarios subsidiados como hospitales, escuelas, etc.

	hab. beneficiados	número de tomas
con mejor servicio	8 945	1 906
Nuevos	1 165	115
Total	10 110	2 021

Resultados de los beneficios obtenidos con la implementación de la sectorización en la Cedula 65 “Las Teresas”.

Resultados dentro de la célula 65

Concepto	antes	después
Eficiencia física	54,4 %	99,7 %
Volumen suministrado mensual	53 441 m ³	50 640 m ³
Horas de servicio	18	24
Usos comerciales	20	115
Contratación	80,65 %	100 %
Tomas clandestinas	115	
Robos detectados	96	

Alternativas de solución existen, sólo que el SIAPA y la CEAJ no las ha implementado y han elegido otras alternativas más caras y menos sustentables como las grandes presas. Para la situación crítica en la que se encuentra el AMG por el alto déficit de disponibilidad de agua y con un crecimiento demográfico del orden de 1.6 %, es urgente reducir esta problemática mínimamente de un 40% a un 10 %, para poder recuperar **2.85 m³/s** equivalentes a **90 millones de metros cúbicos anuales** que se pierden absurdamente en fugas en las redes de distribución. Tomando como ejemplo los resultados obtenidos de la aplicación de la sectorización de redes, es justificable empezar a trabajar para su implementación y así aumentar la disponibilidad para abastecer alrededor de 580 mil habitantes del AMG sedientos del vital recurso, además del ahorro económico que esto conlleva. Se tiene conocimiento de un trabajo de sectorización anunciado en promocionales en donde el sistema de la AMG cuenta con 768 sectores de los cuales hasta el momento se lleva un avance de 268 controlados bajo el sistema de referencia, para una red de 60 a 40 años de uso en su 75%.

3.2 Utilización del Agua Pluvial

El mal manejo del agua pluvial ha agravado la vida de las personas que cada año padecen sus inclemencias, todo como resultado de que la política utilizada para captarlas y manejarlas no ha sido la mejor.

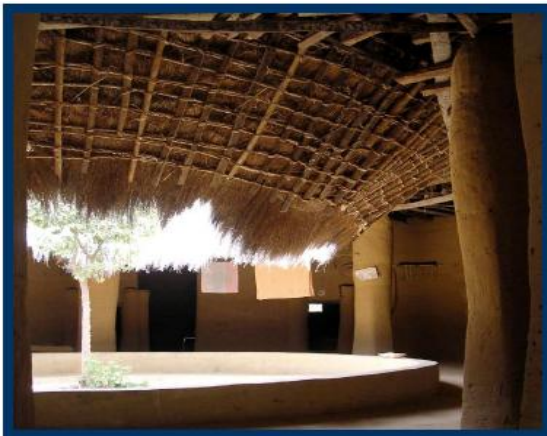
Llama la atención que la mayoría de países de la Unión Europea, algunos de Asia, América del Norte y algunas partes de la misma Ciudad de México, están optando por captar el agua pluvial y así aumentar la disponibilidad del vital recurso.

La naturaleza tiene la bondad de dotarnos de agua de muy buena calidad mediante el ciclo hidrológico por medio de la lluvia. Sin embargo, derivado del cambio climático, se presentan numerosos fenómenos extremos como son olas de calor, sequías o lluvias torrenciales; estas últimas, ante la evidente pérdida de disponibilidad de agua, es importante poder captarlas, controlarlas y tratarlas para hacer uso de ellas.

La práctica de captación de agua pluvial para su uso, tiene orígenes antiquísimos, existen varios vestigios de que los mayas la captaban para su uso diario, en Acrópolis de Atenas en la antigua Grecia se captaba el agua mediante canaletas en sus techos que llegaban a grandes aljibes, en la burguesía de la antigua Roma, las casas tenían alrededor de una docena de habitaciones, con una abertura de forma cuadrada en el tejado para que escurriera la lluvia y entrara a una cisterna que se encontraba debajo, el agua era utilizada para consumo humano y la instalación para refrescar las habitaciones.



Funcionamiento del sistema de captación de agua pluvial, en la antigua Roma.



Chozas hoy en día, en la India, con el mismo funcionamiento.

El AMG se encuentra en unas condiciones climáticas, donde la precipitación promedio es de 850 milímetros al año, el área urbanizada es alrededor de 625 km² que se podría considerar como superficie impermeabilizada, lo que nos conduce a un análisis del coeficiente de escurrimiento que resultaría del promedio de las superficies de la metrópoli que da del orden de 0.8, tomado como referencia de los manuales de la CONAGUA, lo cual nos da como resultado un volumen anual de agua de lluvia a manejar de **425 millones de metros cúbicos**, lo que en la actualidad se traduce como 300 puntos factibles de inundación en el AMG, que además ha agravado la calidad de vida de las colonias inundadas, y entorpecido el sistema vial debido a las calles intransitables por la inundación y deterioro de su infraestructura.

Resultado de los exitosos casos de diferentes partes del mundo que se han dado a la tarea de captar, conducir, tratar y distribuir el agua de origen pluviál, demostrando que se han controlado sus efectos negativos, se ha aumentado significativamente su disponibilidad, y a resultado redituable en menor costo y tiempo su tratamiento para ser utilizada en consumo humano, aunado al mejoramiento ambiental y recarga de acuíferos alejándolos del desequilibrio. De todo esto nos ha surgido la idea de implementar un infraestructura especial para captar todos los escurrimientos que produce el agua de lluvia, en donde se pueda usar ya sea para uso doméstico, uso industrial o de misma recarga de acuíferos (resultado de un estudio geológico que presente las zonas más factibles para la recarga y sus estrategias por medio de la infiltración a dichos acuíferos), todo esto dependiendo de la calidad que tenga dicha agua para el uso que se le va dar.

De estos exitosos casos de sistemas de captación de agua de lluvia, se colige que para la implementación de esta nueva infraestructura son esenciales los siguientes componentes del sistema:

- a) Área de captación
- b) Sistema de conducción
- c) Infraestructura de almacenamiento
- d) Filtración y tratamiento
- e) Equipamiento de abastecimiento

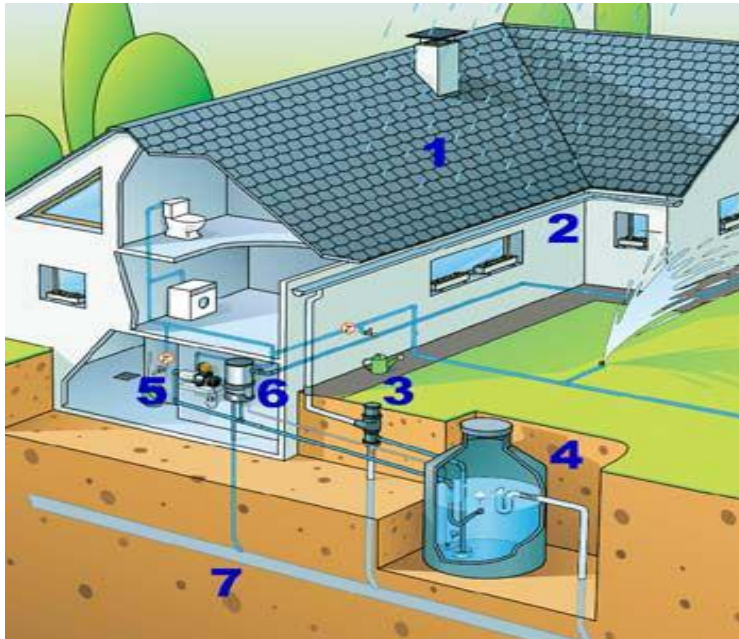
En la actualidad ya se cuentan con excelentes ejemplos que demuestran la importancia de estos sistemas de captación de agua pluviál, tales como el que presenta la **Dra. Sofía E. Garrido Hoyos** del **IMTA**. En un artículo publicado en la página de dicha dependencia federal el 16 de mayo de 2011 “.....*El potencial aprovechable es igual a la precipitación anual promedio que para la República Mexicana del 1 de enero al 31 de diciembre del año 2008 alcanzó una lámina de 869 mm. Esto significa que, en un suelo impermeable y en ausencia de evaporación el nivel de inundación alcanzaría 0.869 m. Por lo que sobre un techo impermeable de 100 m² escurren, por época de lluvias 86,900 Litros, que divididos entre los 140 días que dura en promedio la época de lluvias, se tendrían 617 Litros por día, caudal, que muchas familias no disponen, por lo que se ven obligadas al abastecimiento de agua mediante pipas.*

Existen muchos casos exitosos de sistemas de captación a nivel urbano, entre los que destaca: *Star-City que opera desde 2007 en Gwangjin-gu, Seúl, Korea, el cual está conformado por 1,300 unidades habitacionales, con un área de captación en techos y pisos de 6,200 m² y 45,000 m² respectivamente, con una precipitación de 41,000 m³. El agua de lluvia captada se utiliza en riego de jardines, en baños públicos, infiltración en suelo y almacenamiento de agua para consumo humano para situaciones de emergencia, sirviendo éste último para evitar los daños causados por las inundaciones. Se obtuvo una relación de volumen de almacenamiento por área de captación de 5.8 m³/100 m². Entre los beneficios que presentan estos sistemas es el ahorro de consumo de energía utilizada en la distribución de 0.04 kWh/m³, mientras que para el agua potable es de 1.19 kWh/m³, con un costo beneficio (B/C) de 2.67 por un periodo de 35 años”.*

Esto es lo que nos ha impulsado a promover estos sistemas de captación de agua de lluvia, además que en la actualidad ya se cuentan con varios anteproyectos que dicha factibilidad demuestran que son muy positivos en el análisis costo-beneficio con

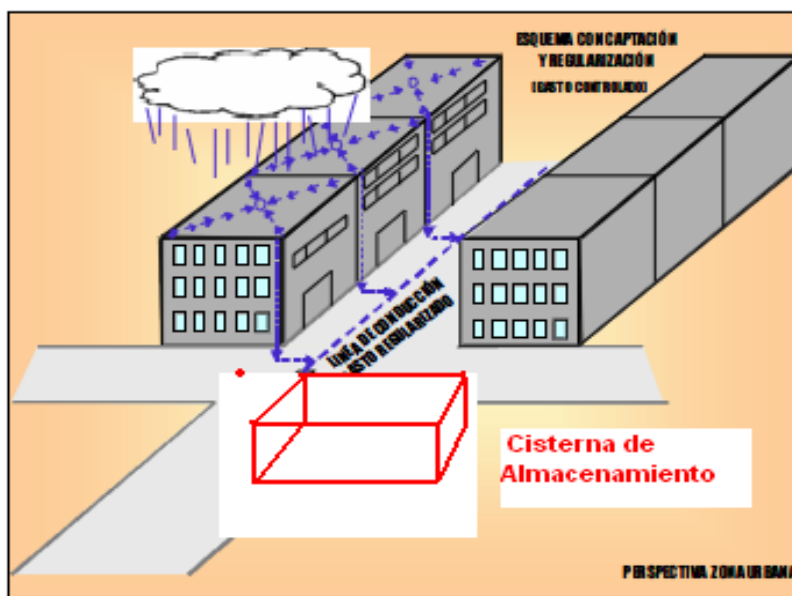
proyección a 25 años, de los cuales se tienen escenarios con estos posibles sistemas de captación, para las diferentes estructuras existentes en el AMG:

- ▶ Captación particular en cada casa habitación, por medio de una infraestructura que canalice el agua llovida en el techo y otras estructuras para que esta sea enviada a una cisterna y pueda ser utilizada.



Equipo básico de recolección de agua pluvial en casas habitación.

- ▶ Infraestructura de captación para edificios, hospitales, escuelas, etc. con su sistema de colectores, cisterna de almacenamiento, bomba para que suministre y a sí atienda las necesidades del vital líquido.



Concepción del funcionamiento.

- Construcción de superficies de captación para sistemas vecinales (cotos residenciales), además del agua recogida del agua del techo de las casas, escuelas, etc. con una infraestructura de colectores que la llevan a una gran cisterna, que posteriormente alimente a los residentes para sus necesidades.



Superficies de captación para cotos, mismas que podrían ser techos de los clubes, calles del coto, etc.

- Otra solución conocida pero no aplicable por su costo para la economía con la cual disponemos para la construcción de drenajes, es la nueva infraestructura para la separación de drenajes, dejando la infraestructura existente para drenaje sanitario construyendo una nueva red de colectores meramente de agua pluvial, que capte todo lo de las calles, parques, estacionamientos, etc. Las cuales previamente a un tratamiento, puedan suministrar de agua de lluvia a lagunas de infiltración, pozos de absorción, posibles plantas de potabilización para uso doméstico y empresas de industria que necesiten del vital recurso.



Laguna de infiltración en la delegación Tlahuac, ciudad de México 1994.

Está por autorizarse en el congreso del estado la erogación (casi ya un hecho) de más de 2000 mil millones de pesos para la línea II del acueducto Chapala- Guadalajara el cual pueda suministrar los 7.61 m³/s (240 millones de metros cúbicos anuales) que fueron concertados en el convenio firmado por los estados que conforman la Cuenca Lerma-Chapala y gobierno federal, lo que ha sido muy cuestionado y desaprobado por las poblaciones ribereñas al lago (que viven de los beneficios que les aporta el vaso lacustre) y por los especialistas, dado que el lago ha sido muy sacrificado con los trasvases necesarios para subsistir el Área Metropolitana de Guadalajara.

Derivado de esto, otra de las posibles soluciones que para nosotros nos parecería muy novedoso y muy ingenioso, sería el poder realizar infraestructura de drenaje meramente pluvial, para captar la totalidad del agua de lluvia que cae en la superficie impermeabilizada del AMG que ronda los 625 km², tomando la precipitación media anual de 850 milímetros, de los que pretendemos mínimamente poder captar y manejar **300 millones de metros cúbicos anuales**, de estos se intentaría que algún porcentaje de este volumen pueda ser infiltrado a los mantos acuíferos mediante pozos de absorción o lagunas de infiltración, todo con base de algún estudio geológico que posibilite su factibilidad, dado que se encuentran en déficit, además que el volumen sobrante, pretendiendo ser de 200 millones de metros cúbicos al año, pueda ser enviado mediante infraestructura de tratamiento y conducción de 42.4 km, además con la ventaja de que trabajaría por efecto de la gravedad y así recargar del vital líquido al milenar lago Chapala, dado que el AMG se encuentra en la cota promedio de 1570 msnm y el milenar vaso lacustre en la 1521 msnm, todo sin generar un desequilibrio hidrológico a la cuenca, toda vez que todos los volúmenes escurridos que llueven actualmente llegan mediante colectores al río Santiago, el cual nace en el Lago de Chapala. Si existiera la factibilidad de dicho proyecto se podría subsanar y tratar de mantenerlo en niveles óptimos de capacidad, dado que en la actualidad se encuentra en un serio peligro de subsistencia por las extracciones de agua que le genera el AMG y los sectores agrícolas de la cuenca Lerma - Chapala, aunado al grado de contaminación que le entrega el río Lerma, además que se aumentaría la disponibilidad de agua para los habitantes del AMG, que podría ser suministrado por la infraestructura de los acueductos línea I reparado y línea II Chapala- Guadalajara.

3.3 Reutilización del Agua Residual Tratada

En el área metropolitana de Guadalajara persiste un rezago en el tratamiento de sus aguas residuales, tanto domésticas como industriales, todavía no se aplica lo planeado para el reuso de estas aguas hasta que se hayan concluido la construcción de las plantas de tratamiento “El Ahogado” para el 22% de la población y “Agua Prieta” para el 75%, la primera con un 40% de avance y la segunda en su licitación para su construcción, con un sesgo de más de 20 años ante la ausencia de las acciones pertinentes por parte de las autoridades del sector gubernamental.

El futuro en el manejo de las aguas residuales del AMG, domésticas, sanitarias e industriales, las cuales podrían servir de reuso en las casas habitación e industria, en el riego de jardines, agricultura, para plantas hidroeléctricas, etc., será posible si su planeación desde este momento sea integral, el proyecto que se tiene contemplado es alimenta la hidroeléctrica de “Agua Prieta” con las aguas una vez tratadas en la planta de referencia, dejando de tomar en cuenta un proyecto de 1990, que propuso CFE, que

integraba 4 plantas hidroeléctricas, que en los años 1930 producían energía para la ciudad de Guadalajara, con los escurrimientos pluviales hacia el río Santiago, “Las Juntas”, “Colimilla”, “Intermedia” y “Puente Grande”, este proyecto proponía en estos cuatro puntos, construir para cada una, una planta de tratamiento, por ser finales de subcuencas naturales, con una visión de ingeniería más racional, y no del proyecto vigente de concentrar el 75% en una sola planta provocando bombeos innecesarios, y la construcción de un túnel de hasta 80 m de profundidad (Colector San Gaspar) para lograr este fin.

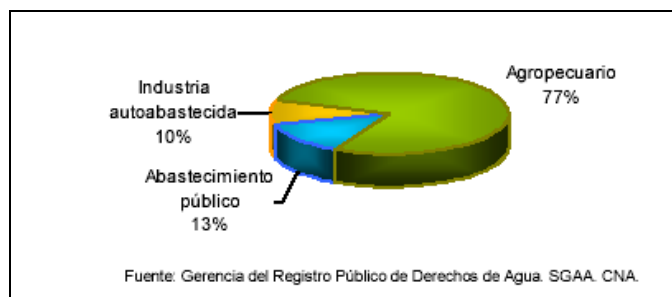
El mercado potencial para las aguas residuales recuperadas varía según el tipo de tratamientos empleados, pero puede verse influenciado por las políticas gubernamentales relativas a las tarifas para el agua y al otorgamiento de las licencias para el uso de aguas residuales. Sin embargo, una gran preocupación es la posible presencia de residuos y trazas de compuestos orgánicos en el agua de desecho sin tratar, no detectados por las pruebas analíticas y que por lo tanto no puedan ser eliminados por las tecnologías actuales.

En los últimos años se ha evidenciado la crisis del agua como producto de las diversas acciones antropogénicas, en este sentido la comunidad internacional ha adoptado estrategias y lineamientos para enfrentarla. En la cumbre de Naciones Unidas en el 2002, se establecieron los objetivos de **desarrollo del milenio**, que buscan reducir en un 50% el número de personas sin abastecimiento de agua segura y saneamiento apropiado para el año 2015 (programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2003).

El control de contaminación de los cuerpos hídricos contribuye con el alcance de estos objetivos, dado que involucra estrategias de manejo de aguas residuales, que deben implementarse en el contexto de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, considerando la cuenca hidrográfica como la unidad de análisis.

El 90% del agua residual en los países en vías de desarrollo se descarga sin tratamiento alguno a los cuerpos hídricos. En Latinoamérica, sólo el 14% del agua residual es tratada. De ese 14%, sólo el 6% recibe adecuado tratamiento.

Situaciones como éstas hacen necesaria la formulación e implementación de estrategias más costo-efectivas que contribuyan a la solución de la problemática ambiental, asociada con la contaminación de las fuentes hídricas por las descargas de aguas residuales. El reuso de agua residual en la agricultura es una de estas estrategias de control de la contaminación de los cuerpos hídricos y es una alternativa para aumentar los recursos donde se presenta escasez de agua. Sus principales beneficios están relacionados con la economía, el ambiente y la salud.



Prácticas de Ingeniería

Las medidas para lograr el uso eficiente del agua pueden categorizarse en tres tipos.

- Reducción de pérdidas
- Reducción del uso del agua en general (ejemplo cerrar agua de proceso cuando no se está utilizando)
- Aplicar prácticas de reuso de agua.

El reuso del agua residual o de agua proveniente de una aplicación significa su utilización por otra aplicación diferente a la previa por ejemplo irrigación de jardines, protección contra incendios, en otras palabras debe ser usada para propósitos benéficos teniendo en cuenta las reglas aplicables (tales como regulaciones que controlen el reuso).

Los factores que deben ser considerados en un programa de reuso son.

- Identificación de oportunidades de reuso de agua
- Determinación mínima de la calidad de agua para un uso en específico.
- Identificación de las fuentes de agua residual que satisfacen los requerimientos en cuanto a la calidad del agua.
- Determinación de cómo le agua puede ser transportada a su nuevo uso.

Propuesta de reuso agua doméstica en las nuevas unidades habitacionales

Este concepto se entiende como la práctica de recuperar aguas degradadas para emplearlas luego de aplicarles un tratamiento adecuado. Una vez expresado el concepto, entenderemos que pueden existir una o varias formas de lograr ese reuso. En esta parte se presenta una utilización que se suma a la disponibilidad del agua en el ciclo que el hombre hace cotidiano en su hábitat, se expondrá la manera de lograr un reuso del agua en el hogar por un proceso de recuperación.

GASTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO.

El gasto de agua por familia de cuatro miembros al día es de aproximadamente 460 litros que se reparten de la siguiente manera:

USO DE AGUA EN EL HOGAR

CONCEPTO	CANTIDAD
Descarga sanitaria de w.c.	96 litros
Aseo diario (baño y lavado bucal)	240 litros
Lavado de trastes, aseo del hogar y preparación de alimentos, regado de plantas.	100 litros
Remanente para lavado de ropa*	24 litros
total	460 litros

- el remanente es acumulado a la semana para un lavado de 9 kilos de ropa con un gasto aproximado de 168 litros.

Concluyendo con la exposición del problema; el abasto en el área metropolitana de Guadalajara, tiene la tendencia a volverse más insuficiente, los costos de extracción se vuelven cada vez más altos, lo que nos conduce a plantear un reuso de agua en el hogar.

HIPÓTESIS

Si se tiene un reuso primario de 264 litros por día, procedente del aseo diario y remanente de lavado de ropa, con un ahorro de 96 litros, en la descarga sanitaria, entonces el desecho de agua de un solo uso proveniente del aseo del hogar y la cocina, se puede reducir a 100 litros por vivienda, tal y como lo expresa la tabla siguiente:

HIPÓTESIS DEL REUSO DE AGUA

USO	CANTIDAD EN LITROS	ORIGEN	DESTINO
Descarga sanitaria	96	Sistema recuperador de agua	Drenaje
Aseo diario	240	Red de agua potable	Sistema recuperador
Aseo del hogar/cocina	100	Red de agua potable	Drenaje
Remanente	24	Red de agua potable	Sistema recuperador

Tiene la tendencia a volverse más insuficiente, los costos de extracción se vuelven cada vez más altos, lo que nos conduce a plantear un reuso de agua en el hogar.

SISTEMA RECUPERADOR DE AGUA

ARGUMENTACIÓN

Los sistemas recuperadores de agua brindan un tratamiento de agua primario, son en su gran mayoría dispositivos fijos. El sistema propuesto se basa en un mecanismo de filtración simple por gravedad, que elimina algunos solutos presentes en el agua que ha sido usada como son: jabones biodegradables y dispersantes (enjuagues), cabello y polvo o tierra. La unión de jabón y enjuague crea una mezcla estable con baja espuma que es inerte en suelos no dedicados al cultivo de hortalizas y frutas, la presencia de cloro en el agua de reuso no es significativa para los fines a los que se destina el agua recolectada, siendo de beneficio como aclarante.

De los 460 litros de agua que se gasta en promedio una familia de 4 miembros en vivienda de multifamiliares, el 57.3 % es susceptible de ser reusada. Esta agua es procedente de lavabo, regadera y lavadero, la cual contiene jabones biodegradables en su gran mayoría, mismos que no causan deterioro al medio ambiente.

Otra parte importante del desperdicio de agua es la que procede del agua de lluvia, misma que es colectada en azoteas y tirada al drenaje sin un uso previo. Ésta agua procedente de las azoteas será recolectada en el tanque recuperador y depositada en la cisterna.

MATERIALES

Este sistema recuperador consiste en:

- * cisterna fabricada con concreto armado con capacidad de 27 000 litros, medidas 3 X 3 X 3 m, abastecida por tubería de pvc de 3 pulg. De diámetro.
- * Tanque/filtro de 2.5 X 1.5 X .50 a 1 metro, fabricado con concreto armado, con separaciones en diagonal con malla plástica a cada 50 cms. La primera separación contendrá grava en grano medio, la segunda contendrá tezontle rojo en grano fino, y la tercera contendrá una mezcla de arena y granzón.
- * Abastecimiento del tanque con tubería de pvc de 4 pulgadas de diámetro, en interconexión. La tubería es proveniente de las descargas de regadera, lavabo y red hidráulica de lavadora automática y/o lavadero.
- * Sistema de bombeo consistente en bomba de 2 h.p. y tinaco de 1100 lts de capacidad.
- * Tubería independiente de llenado de w.c. para cada casa habitación y para dos llaves tipo nariz para drenado y riego de áreas verdes.

DESARROLLO

Se procede a la construcción de la cisterna excavando a 2.50 m de profundidad las paredes de la cisterna sobresaldrán .50 centímetros de la superficie, colocándose 2 tubos de 4 pulgadas de diámetro en L para drenado en caso de sobrellenado, con conexión a drenaje municipal y tubo de aereación. El tanque recuperador lleva una excavación en desnivel de 120 a 70 cms. Durante la construcción del edificio en cuestión la tubería de llenado de bajo tanque es independiente en material de p.v.c., procedente de la azotea y conectado a un tinaco de 1100 litros de capacidad. El tinaco tiene un sistema de llenado por bombeo electrónico, es decir por sensor de vacío que

además de durar por más tiempo y ser más económico, evita el llenado en falso de los interruptores de tipo flotador.

Durante el proceso de terminación de obra, la tubería de descarga de aguas pluviales será enviada al tanque recuperador para reutilizar el agua de lluvia evitando así el desperdicio.

Los desarrollos habitacionales en construcción en el área metropolitana de Guadalajara no cuentan con sistemas recuperadores de agua, debido a que el reglamento de construcción vigente en el área metropolitana de Guadalajara no lo tiene contemplado.

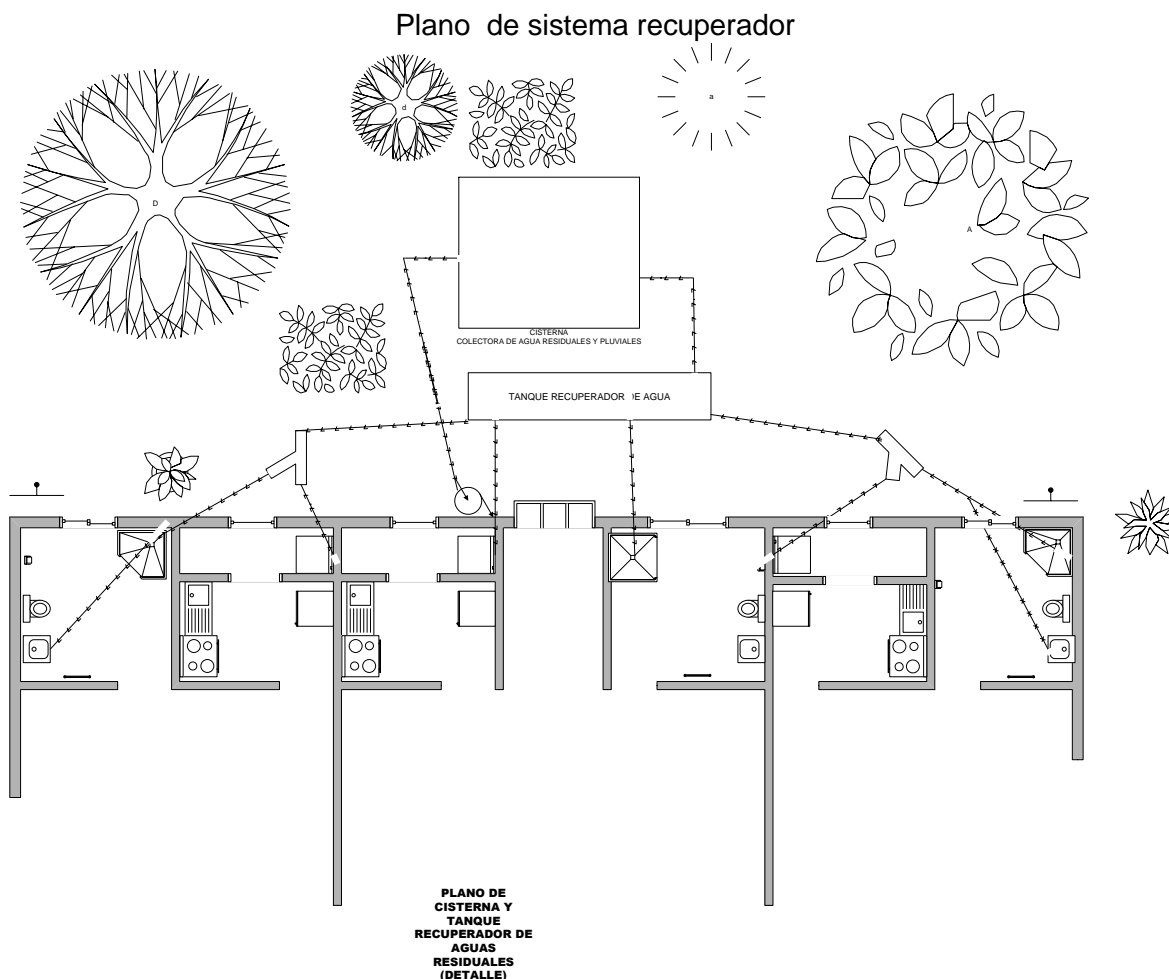
El costo de los materiales y mano de obra por cada 12 viviendas oscila en \$ 18,000.00, mismo que podrá ser financiado en un 50% por el gobierno del área metropolitana de Guadalajara y 50% por el conjunto de compradores de vivienda.

Costo por vivienda: \$ 750.00

Costo de operación del sistema de bombeo de agua tratada: \$ 15.00 por mes.

Ahorro diario de agua por vivienda: 96 litros.

Ahorro diario del conjunto de 12 viviendas: 1152 lts.



COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Si se cuenta con un sistema recuperador de aguas residuales por cada doce viviendas en las nuevas unidades habitacionales, entonces se podrá obtener un ahorro en el uso de agua potable.

El reuso o reciclado de agua en los bajos tanques de w.c. y en el riego de jardines promueve un ahorro de agua potable. La cantidad de ahorro en litros por vivienda fue de mínimo 96 litros por día, lo que constituyó un ahorro de 672 en el lapso de 7 días. Por lo que respecta al gasto de cada 12 viviendas, el ahorro fue de 1152 litros por día. Con un ahorro de 8064 en 7 días, y por año 420,480 litros, lo que significa el abasto promedio de una colonia de aproximadamente 100 viviendas en un mes.

3.4 Propuesta Plantas de Tratamiento de Agua residual a lo largo del Río Santiago.

En el año de 2011 la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable Jalisco (SEMADES) pronuncio, que el Río Grande Santiago se encontraba en estado de contingencia ambiental, el cual desde el 2000 ya ha cobrado pérdidas humanas, un estudio del ITESO arroja que por el grado de contaminación en la que se encuentra el río Santiago, en las poblaciones del Salto y Juanacatlán *“Los casos abarcan personas con tumores cancerígenos, sarcoma de Edwin, mieloma múltiple, insuficiencia renal, cáncer de mama y enfermedades de la piel”*



— Túnel — Colector Marginal propuesto ■ Ptar propuesta ■ hidroeléctrica existente 1930-1960

El área metropolitana de Guadalajara, conforma un sistema de saneamiento entre los municipios de Zapopán, Guadalajara, Tlaquepaque, Atlajomulco de Zuñiga y Tonalá, definidos sus escurrimientos por sus dos cuencas denominadas “Valle de Atemajac” (31,525 ha) con una población de 3,477,000 habitantes y densidad 110 hab/ha y la cuenca “El Ahogado” (52,000 ha) con 1,023,000 habitantes y densidad 75 hab/ha, las dos cuencas vierten sus aguas hacia el río Santiago y cuya planeación es defectuosa por operar con un sistema combinado, la misma red para las aguas pluviales y residuales, se tomó la decisión de solucionarlo con dos plantas, la de “Agua Prieta” al norte que es la que tratará las aguas residuales para la cuenca del “Valle de Atemajac” con un caudal de 8.5 m³/s, y la cuenca del “El Ahogado” la planta del mismo nombre y gasto a tratar de 2.5 m³/s.

Para recolectar las aguas residuales en la cuenca de “Valle de Atemajac” se tiene el proyecto de un emisor denominado Túnel colector San Gaspar – San Juan de Dios, longitud de 10.30 km con una profundidad para las dos lumbreras de proyecto de 70.00 m y 60.00 m, y el emisor construido a 50.00 y 40.00 m promedio de la superficie, cuyo trazo se ubica paralelo al periférico oriente, para recolectar las aguas que escurren en toda la cuenca, y los emisores del suroriente San Andrés, Osorio y San Gaspar, ubicados sobre los cauces naturales que vierten al río Santiago, con el fin de llevar las aguas residuales hasta la planta de agua prieta, y con 7 bombeos para las partes bajas y cercanas al río Santiago, para poder ser tratadas en la planta “Agua Prieta”.

En el caso de la planta para tratar el agua de la cuenca “El Ahogado” su localización no es en el punto más bajo de la cuenca y se tiene contemplado 4 bombeos.

Características de cada solución

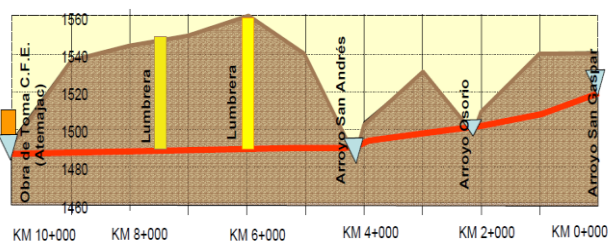
Para solucionar la cuenca “Valle de Atemajac”									
Solución actual 1 planta					Propuesta 5 plantas de tratamiento y colector marginal				
Planta	Cota snmm	Bombeos	% Pob.	Observaciones	Planta	Cota	Bombeos	% Pob.	Observaciones
Agua Prieta	1400	7	100	El costo del Túnel de 10.3 km y bombeos es muy alto	Agua Prieta En licitación	1400	0	70	Su agua alimenta hidroeléctrica agua prieta
					San Juan de Dios Proyecto nuevo	1120	0	10	Su agua alimenta hidroeléctrica “Agua Prieta”
					Colimilla Proyecto nuevo	1400	0	10	Su agua alimenta hidroeléctricas “Colimilla”, “Intermedia” y “Las Juntas”
					El Vado Proyecto nuevo	1440	0	5	
					“Puente Grande” Proyecto nuevo	1450	0	5	Su agua alimenta hidroeléctrica “El Salto”

Para solucionar la cuenca "El Ahogado"									
Solución 1 planta con bombeo					Propuesta 1 planta sin bombeos				
Planta	Cota snmm	Bombes	% Pob	Observaciones	Planta	Cota	Bombes	% Pob	Observaciones
El Ahogado	1520	4	100	El bombeo para esta área es costoso para su operación a futuro	Planta final cuenca "El Ahogado"	1440	0	100	Existe el área al final de la cuenca para construir esta planta



TÚNEL COLECTOR, SAN GASPAR - SAN JUAN DE DIOS

PERFIL



El inicio de la construcción de la red combinada data del año 1990, en el año 2000 existió la oportunidad de realizar las modificaciones pertinentes cuando se iniciaron la construcción de los emisores de mayor tamaño, y corregir el defecto del sistema combinado, en ese mismo año se formó la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, hoy Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEAJ), se volvió a tomar para su planeación con el mismo criterio, el sistema combinado, olvidándose de los 4 requisitos de ingeniería para proyectos viables.

- Economía
- Seguridad
- Sustentabilidad ambiental
- Funcional

La disponibilidad del agua pluvial con este sistema combinado la inhabilita, y no permite utilizarla cancelando la circularidad que el ciclo del agua nos brinda, a partir de la aplicación de un criterio erróneo, la propuesta es iniciar el manejo del agua

pluvial por superficie y modificar el sistema hasta lograr separarlo en dos sistemas, planamente diferenciados.

Racionalizar la forma de tratar las aguas residuales de las dos cuencas, evitando bombeos y si utilizar las hidroeléctricas existentes desde 1930 y hasta 1960, las cuales suministraban energía a la ciudad de Guadalajara, en 1992 la CFE propuso rehabilitarlas, sugiriendo construir plantas de tratamiento que se ubicaban plenamente por ser las vertientes naturales por donde se desalojaba las aguas de la cuenca, con lo cual la retroalimentación de la energía producida, el costo por operación de las plantas de tratamiento se convierte en estructuras conjuntas de bajo costo y propicias para transformarlas de alto rendimiento. La gigantesca obra del túnel es costosa y de construcción compleja, la propuesta consiste en construir un colector marginal al río Santiago que conduce sus gastos por gravedad, que si garantiza el saneamiento de este, por ser la estructura que puede interceptar cualquier escurrimiento de aguas residuales, y tener la propiedad de conducir hasta las plantas de tratamiento estratégicamente ubicadas, como se encuentran propuesta por su elevación que permite un sistema totalmente por gravedad, y no deja al río Santiago seco, en temporadas de estiaje como sucedería con el proyecto en ejecución, después de producir la energía el río se vería irrigado por las aguas de cada hidroeléctrica.

La presa del “Ahogado” recibe las aguas de las inmediaciones del arroyo del mismo nombre, nombre que tomaron de la denominación de la cuenca, en cual se le vierten descargas industriales de las más de 1500 plantas industriales pequeñas y medianas de las que se le desconocen sus procesos productivos. Algunas de las mas grades y mas riesgosas son: SF Sachs Suspensión México S.A. de C.V., Quimikao S.A. de C.V., Grivatec S.A. de C.V., Hilasal Mexicana S.A. de C.V., IBM de México S.A. de C.V. , Industrias Petroquímicas Mexicanas S.A. de C.V., Ciba Especialidades Químicas, Nestle, industrial Ocotlán, etc.

La planta de tratamiento del “Ahogado” no tiene la capacidad para tratar aguas residuales industriales, las cuales escurrirán hasta el río Santiago irremediadamente, el primer paso es conforme a las normas nacionales, implementar el programa correspondiente para sancionar y obligar a las industrias de esta cuenca, a construir sus propios sistemas que traten sus aguas residuales, para entregarlas aptas o en su caso con las características para ser tratado por la planta de tratamiento del “Ahogado”. La posición de la planta de tratamiento del “Ahogado”, no se encuentra en el punto más bajo de la cuenca, la planeación de esta cuenca para su saneamiento tiene este defecto, la elevación de la planta se encuentra en la 1520.00 msnm y la parte más baja de la cuenca en la cota 1440.00 msnm, donde existe espacio para haber ubicado esta planta, y evitar los diferentes bombeos para llevar las aguas residuales a la posición donde hoy se construye.

3.5 Beneficios del desazolve de Presas, Lagos y Cuerpos de Agua.

La Universidad Autónoma Chapingo en conjunto con la Asociación Nacional de Usuarios de Riego A.C. llevo a cabo el proyecto 693: denominado “Desazolve con Energía Sónica” entre los años 2006 y 2010, este proyecto se llevo a cabo en varias presas, lagos y lagunas del país.

El proyecto consiste en aplicar tecnología ultrasónica a dichos cuerpos de agua.



Estos son los impactos y beneficios en uso del sistema ultrasónico de desazolve en cuerpos de agua:

- ▶ Recuperar capacidad de almacenamiento en presas y alargar su vida útil.
- ▶ Recuperar flujo en afluentes para acelerar el desalojo en menor tiempo.
- ▶ Reincorporar superficie al cultivo y recuperar frontera agrícola perdida.
- ▶ Coadyuvar a la producción de alimentos agropecuarios.
- ▶ Contribuir a mejorar condiciones físico-químicas y biológicas de las parcelas.
- ▶ Mejorar textura, incorporación de nutrientes y materia orgánica.
- ▶ Ofertar una opción de desazolve donde el sistema convencional no es posible: debido al reducido acceso físico y profundidad del espejo.
- ▶ El Sistema Sónico se adapta al tamaño y volumen del cuerpo de agua.
- ▶ Contribuir a reducir el fenómeno del cambio climático y sus efectos adversos en las actividades agropecuarias y en la población aledaña.

Justificación y Viabilidad del Sistema Sónico de desazolve para cuerpos de agua:

- Alarga la vida útil de los cuerpos de agua.
- Costo variable de \$28 a \$35/m³ rehidratado-evacuado y trasladado contra el Costo desazolve convencional con maquinaria: De \$140 a \$250/m³
- Costo de construcción presas: De \$80 a \$500/m³ (Datos de COUSSA Morelos).

- Contribuye a mejorar la fertilidad de las parcelas regadas con la mezcla de azolve (Lodos finos).
- Se reduce el uso de fertilizantes químicos de un 15 a 20%.
- Coadyuva a elevar rendimientos de cultivos en 20%.
- Se puede aplicar en cuerpos de agua donde no es posible el uso de maquinaria pesada.
- No se requiere desecar el cuerpo de agua para operar, el cual tiene un costo.



Esta tecnología se ha implementado en diferentes partes del país con excelentes resultados: Presa “Lázaro Cárdenas” Tlaxcala, Presa “San Pedro” Querétaro, Presa “Solidaridad” D.F., Presa “ San Lucas” Guanajuato, etc.

Por lo cual nos resultaría redituable que se aplicara esta tecnología en todas las presas y lagunas existentes en el AMG y el mismo lago de Chapala, para que se beneficiara el sector agrícola y la capacidad de los vasos de almacenamiento aumente.

3.6 Aprovechamiento de la cuenca del río Verde

La cuenca del río Verde forma parte de la región hidrológica N° 12, y comprende los estados de Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco. Se ubica en las coordenadas geográficas 101°20'00” a 103°16'40” de longitud oeste del meridiano Greenwich y 20°42'15” a 22°35'40” de latitud norte, los ríos tributarios son el San Pedro, Encarnación, Aguascalientes, El Salto, Jalostotitlán, Lagos y otros afluentes menores. La cuenca cuenta con una superficie total de 20,650 km², el río principal es el río Verde, este nace en el estado de Zacatecas y recorre alrededor de 250 km hasta que confluye con el río Santiago. Los estudios de hidrológica superficial arrojan que cuenta con un caudal medio de 21.5 m³/s que equivalen a 678.5 millones de metros cúbicos anuales. El agua que aporta cada estado con respecto al área que ocupa de la cuenca es la siguiente: Jalisco aporta 56% del agua; Aguascalientes 21%; Zacatecas 15%, Guanajuato 7.1% y San Luis Potosí el 0.9 %. De esto el área que abarca el estado Jalisciense en la Cuenca es de 11,664 km², por lo que la mayoría del agua producida en la cuenca se encuentra en el estado de Jalisco.



Cuenca del río Verde, con los estados que contiene.

Dado que desde su fundación la ciudad de Guadalajara y los municipios conurbanos han sido núcleos poblacionales de desarrollo, han tenido la necesidad de contar con el abasto del vital recurso para llevar a cabo dicho desarrollo, por lo cual se han visto en la necesidad de buscar fuentes de abastecimiento que aporten el vital recurso de la manera más económica posible, además que la calidad del agua sea la más óptima disponible.

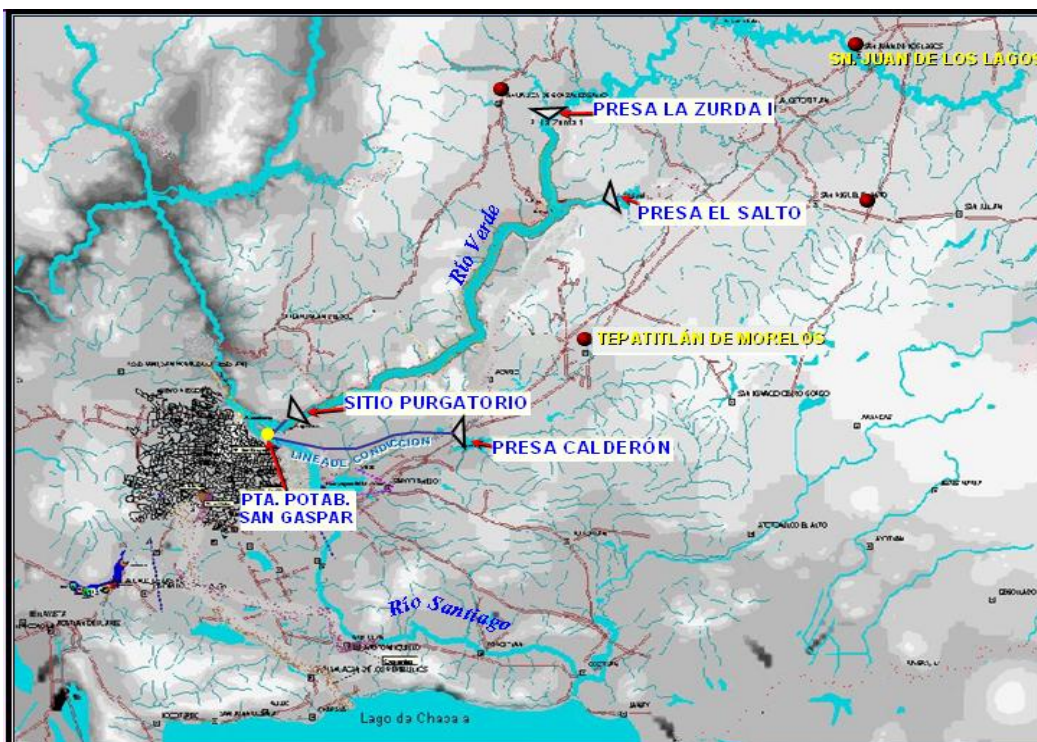
El aprovechamiento de la cuenca data desde varias décadas atrás, primeramente cuando se publicó en el diario oficial de la federación el 29 de Enero de 1938, donde se declaraba las aguas del río Verde como afluente de la cuenca del río Santiago y de propiedad Nacional.

Ya después formalizada jurídicamente la cuenca del río Verde, me permito compartirles una relatoría de acontecimientos donde los Gobiernos de Jalisco y la Federación han realizado intentos de aprovechar dicha fuente de abastecimiento:

- En el año de 1955 el Ing. Elías González Chávez director de la desaparecida SRH (Secretaría de Recursos Hidráulicos), intento llevar a cabo la construcción de proyecto de una presa, bautizada con el nombre de “La Zurda”, todo esto para asegurar el abasto del vital líquido para el AMG, la cual se encontraba ubicada sobre el río Verde a unos cientos de metros del pueblo milenario de Temacapulín que se encuentra ubicado en la margen derecha de dicho río, municipio de Cañadas de Obregón Jalisco. Después de una inversión en las exploraciones geológicas para cimentar la cortina de

dicho proyecto, en unos de los túneles de exploración se encontraron con unas extensas capas de jales, que es un material fino con alta deformabilidad, lo que les resulto inseguro para la estabilidad de la cortina, por lo cual fue desechado el proyecto.

- Años adelante se formalizaron los tratados y acuerdos entre los estados que conforman parte de la cuenca, por lo que el 23 de Febrero de 1990 el Ejecutivo Federal y los ejecutivos estatales de Guanajuato y Jalisco suscribieron un acuerdo de coordinación, con el propósito de realizar los estudios para el aprovechamiento de las aguas de la cuenca del río Verde, para a si justificar la necesidad del aprovechamiento del agua de los estados citados.
- Derivado de esto en Mayo de 1990 el entonces ejecutivo Federal Lic. Carlos Salinas de Gortari y el Ejecutivo Estatal de Jalisco Guillermo Cosío Vidaurri formalizaron un Acuerdo de Coordinación para la realización de las Obras del Sistema La Zurda- Calderón que aseguraría el abastecimiento al AMG para un futuro de 25 años, este sistema contemplaba varias presas en la Cuenca del río Verde y una presa en la cuenca Santiago-Guadalajara, de este sistema de presas solo se concretaron 2, la de Calderón construida en 1991 y la de El Salto en 1992, aunque a esta ultima le faltan algunas obras para concluir el proyecto original, como obra de toma, etc. El sistema de presas se cancelo por las explosiones ocurridas en Guadalajara del 22 de Abril de 1992, lo que desestabilizo la estructura del gobierno estatal jalisciense, lo que indujo a la destitución del ejecutivo estatal Lic. Guillermo Cosío Vidaurri y el edil del municipio de Guadalajara Ing. Enrique Dau Flores.



Sistema de Presas "La Zurda -Calderón" para abastecer al AMG en el año 1990.

- Como consecuencia de la cancelación de este sistema de presas, solo se contó con las fuentes de abastecimiento que actualmente siguen vigentes, como lo son: el Lago de Chapala, la presa de Calderón y los pozos profundos.
- En 1995 se firma un decreto federal donde se declara la **Reserva de Aguas Nacionales superficiales en la Cuenca del Río Verde, para uso Domestico y Publico Urbano** entre el Ejecutivo Federal el Lic. Ernesto Zedillo Ponce de León, el Ejecutivo del Estado de Jalisco Ing. Alberto Cárdenas Jiménez y el Ejecutivo del Estado de Guanajuato C. Vicente Fox Quezada. En el cual se especifica que se podrá utilizar de la Cuenca del Río Verde un volumen anual máximo de 504'576,000 metros cúbicos de agua (16.00 m3/s) para uso domestico público urbano. De estos se le destina 384'739,000 metros cúbicos (12.20 m3/s) a Jalisco y 119'837,000 metros cúbicos (3.8 m3/s) a Guanajuato.
- En 1997 se hace la petición para que se reforme el decreto federal antes mencionado, firmado en el Acuerdo de Coordinación celebrado por el Ejecutivo Federal por conducto de la CONAGUA por el director Guillermo Guerrero Villalobos, el Ejecutivo del Estado de Jalisco Ing. Alberto Cárdenas Jiménez y el Ejecutivo del Estado de Guanajuato C. Vicente Fox Quezada. Donde se hace la petición para que la distribución de las Aguas en Jalisco quedara de la Siguiente Manera:

Uso	Original (m3/s)	Modificada (m3/s)	metros cúbicos anuales
Público Urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara	10	9.6	302'745,600
Poblaciones rurales Abastecidas por la presa San Nicolás	1.8	1.8	56'764,800
Tepatitlán y Valle de Guadalupe Abastecidas por la presa El Salto	0.4	0.4	12'614,400
Bordos para productores ganaderos	0.0	0.4	12'614,400
TOTAL	12.20	12.20	384'739,200

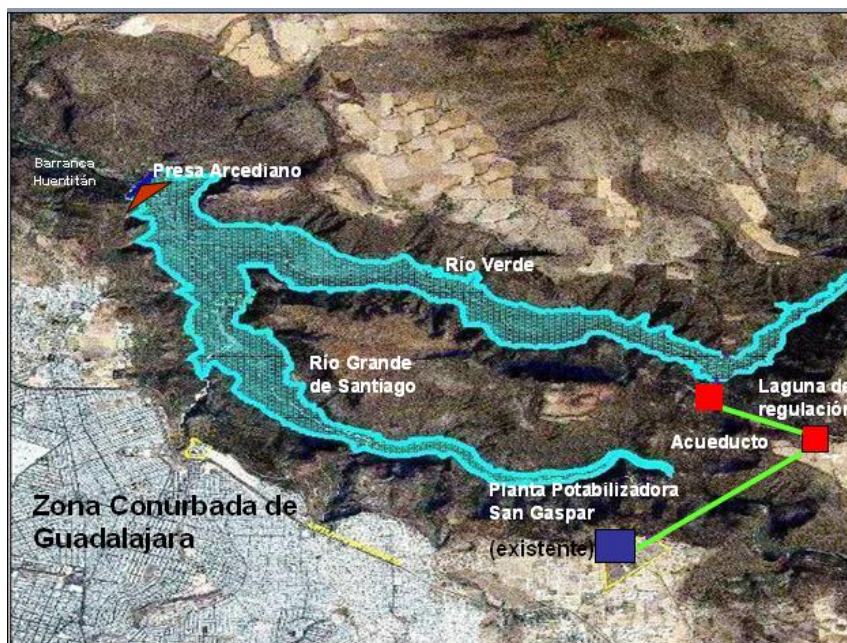
Ya con esto se estipula que se podrá utilizar un volumen anual máximo de 491'976,000 metros cúbicos de agua (15.60 m3/s) para uso domestico y público urbano. De estos se le destina 372'139,000 metros cúbicos (11.80 m3/s) a Jalisco y 119'837,000 metros cúbicos (3.8 m3/s) a Guanajuato. Dejando los 12'614,400 metros cúbicos (0.4 m3/s) para uso pecuario del estado Jalisciense.

La reforma a dicho decreto federal si fue aceptada en el mismo año de 1997, por lo que el acuerdo se encuentra vigente.

- Como en los años 90's se dio el crecimiento más importante demográfico en el AMG, y el Lago de Chapala paso por diferentes sequías y almacenamientos muy bajos, además que ha fungido como la principal fuente de provisión del vital recurso con su 60 % de aportación, en el lapso de los años 2000-2005 se dieron a la tarea, la CEAJ y el SIAPA en coordinación con la CONAGUA, de buscar fuentes de abastecimientos para dejar descansar al Lago de Chapala y buscar una fuente que asegurara el abasto para los 25 años futuros. De esto tomaron como referencia el decreto federal reformado en 1997 "**Reserva de Aguas Nacionales superficiales en la Cuenca del Río Verde, para uso Domestico y Publico Urbano**", donde especifica que le pertenece la mayoría del volumen de agua al AMG.
- Para hacer valer dicho decreto, se proyecto hacer una presa en el sitio denominado San Nicolás, ubicada en el municipio de Jalostotitlán Jalisco, con el objetivo de abastecer a las poblaciones de los Altos de Jalisco, pagar la cuota que se le debía a León Guanajuato y regular volúmenes de agua para el AMG.
- Este proyecto tuvo una controversia social por las comunidades a inundar (San Gaspar y San Nicolás municipio de Jalostotitlán), hasta que en 2004 el proyecto fue cancelado, resultando que el 24 de Mayo de 2005 el ejecutivo estatal de Jalisco Lic. Francisco Javier Ramírez Acuña firmo un oficio CJ/13/2005 enviado al Director General de la Comisión Nacional del Agua (Lic. Cristóbal Jaime Jáquez), que en grandes rasgos cita:
 - En primer punto se refiere al proyecto de una presa que abastecería de agua a los Altos de Jalisco y León Guanajuato ubicado en un sitio denominado San Nicolás en el río Verde, describiendo que la CONAGUA no estuvo en condiciones de iniciar estudios de factibilidad técnica, porque las poblaciones afectadas derivaron muchas molestias basadas en arraigo y tradiciones de sus habitantes cuya fundación precortesiana data del siglo XIII.
 - Todo esto conlleva a que el Ejecutivo del Estado dictaminara la negativa para autorizar la realización de la presa de San Nicolás.
 - Propuso considerar otro sitio en el Río Verde, para realizar la obra de captación bajo los siguientes lineamientos:
 - A) Que no se afecte ningún núcleo de población**
 - B) Que no se afecten grandes superficies agrícolas de alta rentabilidad.**

De esta situación, nace la idea de retomar un proyecto viejo como la Zurda I, y cambiarle el nombre a El Zapotillo, para abastecer a las poblaciones de los Altos de Jalisco y a León Guanajuato primeramente.

- En específico para el AMG, en 2001 se dieron a la tarea de recibir propuestas de universidades, especialistas y sector privado para la solución de abastecimiento al AMG, de las cuales la decisión se tomó solo para posibles construcciones de presas de almacenamiento, donde los estudios arrojaron que solo 2 sitios cumplían con los requisitos en análisis de costo-beneficio, que fueron los proyectos de los sitios “Loma Larga II” y “Arcediano”. La toma de decisiones para elegir entre dichos proyectos fueron muy controversiales por las opiniones públicas, por los estudios de académicos de diferentes Universidades y el misterioso actuar de las dependencias como el SIAPA, la CEAJ y la propia CONAGUA, dado que se eligió como la “Mejor Opción” el sitio de *Arcediano*.
- En especial, el proyecto hidráulico de “Arcediano”, se ubicaba a 700 metros río aguas abajo de la confluencia de los ríos Verde y Santiago en la barranca de Huentitán, esta contemplaba almacenar los efluentes de dichos ríos, donde sus datos técnicos eran:
 - Cortina de 125 metros de altura, de tipo CCR.
 - Longitud de Corona de 460 m.
 - Área de embalse de 803 hectáreas.
 - Altura de bombeo de 580 metros.
 - Capacidad de almacenamiento de 410 Mm³
 - Gasto de operación: 9.6 m³/s



Vista en planta del proyecto de la presa de Arcediano

El sitio de “Arcediano”, desde su concepción fue muy criticado por especialistas en la materia de diferentes universidades, siendo la más fuerte de la U de G, que en primera instancia las polémicas encontradas fueron las siguientes:

- Se contemplaba almacenar agua del río Santiago, lo cual resultaba absurdo que se almacenara y se combinara agua de buena calidad del río Verde con agua que tiene un alto grado de contaminación como la del río Santiago, que antes se describió, por lo que en marzo de 2011 se declaró en contingencia ambiental por la SEMADES.



Sitio del proyecto de la presa de Arcediano

- Supuestamente la CEAJ, para llevar a cabo dicho proyecto, se comprometía a sanear el total de las aguas residuales de AMG, con la implementación de las 2 Mega PTAR's, la de Agua Prieta y el Ahogado, las que sanearían el agua con una calidad óptima, para solo así poder verterlas al río Santiago y a su vez ser almacenadas. Lo que despertó la desaprobación y enojo de los especialistas en la materia, argumentando que nunca se han podido sanear aguas industrialmente contaminadas con metales pesados como el río Santiago que contiene altas concentraciones de Arsénico, Plomo, Mercurio, etc., y que si se llevaba a cabo dicho proyecto generaría una epidemia de cólera como ocurrió en Harare, Zimbawe por consumir agua residual tratada.
- Especialistas geólogos de la U de G, indicaban de una gran falla geológica en el sitio de Arcediano y que se encontraba propensa a reacomodo por algún sismo, por lo cual era inviable asegurar la estabilidad para proyectar una presa en dicho sitio.
- En el sitio de Arcediano se encuentra la reserva ecológica de la Barranca de Huentitán decretada por la SEMARNAT, con una enorme biodiversidad de especies que por decreto deben ser preservadas.
- Un altísimo costo de energía eléctrica, por los 580 metros de altura de bombeo con un gasto de $9.6 \text{ m}^3/\text{s}$, donde se hipotecaría el futuro de la economía de la metrópoli.

- Desaprobación social de la población a reubicar, El poblado de Arcediano contenía patrimonios declarados como históricos de la nación, y un puente de valor histórico declarado por el INAH.

Existieron varios estudios por diferentes personajes académicos de diversas universidades, las cuales siempre demostraron la inviabilidad del proyecto.

De toda esta controversia, ha resultado misterioso el descarte tan rotundo de un sitio que en su momento fue contemplado para abastecer de agua al AMG, como lo fue el sitio de “*Loma Larga II*”, el cual cuenta con particularidades especiales que hacen atractivo el proyectar una cortina de almacenamiento en dicho sitio.

La ubicación de “*Loma Larga II*” se encuentra a 75 kilómetros río aguas arriba del AMG por el río Verde, en el puente que cruza este mismo río de la Carretera Federal 80 que une los municipios de Tepatitlán de Morelos y Yahualica de González Gallo, ambos del estado de Jalisco. El sitio fue explorado geológicamente por una empresa consultora, contratada por el SIAPA en 1993 y de manera complementaria en el 2000, con el nombre de “*ESTUDIOS GEOLÓGICOS COMPLEMENTARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE LOS ESCURRIMIENTOS EN EL RIÓ VERDE, JAL PARA EL CONTROL DE LOS ESCURRIMIENTOS EN SU CUENCA ALTA*” realizado por la empresa **Geología e Ingeniería Aplicada S.A. de C.V. (GIA)**, donde las pruebas fueron aplicadas a 6 muestras de barrenos, 2 en la margen derecha, 2 en la izquierda y 2 en el lecho del río, a profundidades de más de 100 metros, los estudios realizados a estas muestras fueron de refracción sísmica, sondeos eléctricos verticales, perfiles eléctricos, perforaciones con recuperación de núcleos, pruebas de permeabilidad tipo Lugeon que finalmente concluyeron que el macizo rocoso es de calidad regular, por lo cual era muy factible la posibilidad de proyectar la construcción de una cortina, misma que en base a los tratamientos necesarios a la cimentación aseguraran su estabilidad. De esto a la empresa le faltaba un último estudio exploratorio para poder dictaminar la viabilidad del sitio, el cual sin ninguna razón congruente, les retiraron el contrato para concluir con la exploración, algo que nunca ha sido respondido a la empresa.

Ya en 2002 la CEAJ contrato a la empresa Hidroconsultores S.C. para realizar un estudio geológico denominado “*ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA DE BOQUILLA Y VASO, SITIO LOMA LARGA y ARCEDIANO*”, realizando estudios a 6 muestras de barreno, el cual dictaminó que la boquilla del vaso del Sitio “*Loma Larga II*” era permeable, por lo cual no se podría construir una cortina dado que se filtraría el agua permanentemente sin poder almacenar. Y que se concluía que el mejor sitio, con mejores condiciones geológicas era el sitio de “*Arcediano*”.

De esto resulto muy extraño que la CEAJ omitiera un estudio Geológico realizado por el SIAPA elaborado por la empresa consultora GIA, además que nunca hizo mención de dicho estudio, además que es realmente incongruente que 2 empresas consultoras de exploración geológica hayan dado 2 respuestas totalmente divergentes. Ya en el año de 2004 cuando aun existía esta diferencia por la elegir el mejor sitio entre “*Loma Larga II*” y “*Arcediano*”, la U de G intervino y pidió revisar la información para opinar sobre la mejor solución para el abastecimiento de agua al AMG.

De este análisis la U de G encontró varios errores por parte de la CEAJ, en el descarte del sitio de “*Loma Larga II*” que fueron los siguientes:

- Geólogos académicos comentaron que para descartar un sitio se necesitan como mínimo un estudio de 5 barrenos en la margen izquierda, 3 en el lecho del río, y otros 5 en la margen derecha con un total de 13 pruebas, con sus respectivos estudios de refracción sísmica, sondeos eléctricos verticales, perfiles eléctricos, perforaciones con recuperación de núcleos, pruebas de permeabilidad tipo Lugeon o Lefranc.
- Se detecto que la CEAJ falseo en la información sobre los costos de la Presa “*Loma Larga II*”, hidrología del sitio, dato técnicos, etc.
- La CEAJ en aprobación de la CONAGUA, informa que proyecto “*Loma Larga II*” es desechado, por presentar limitantes geológicas, ocasionadas por presencia de altas permeabilidades, al abundar tobas, las cuales no solo se dan por fracturamiento, sino por porosidad lo que hace que no sea factible tratar mediante procesos normales de inyectado. Además de que la zona no presenta cierre geohidrológico, lo que ocasionaría filtraciones permanentes, lo cual para geólogos expertos es una total mentira, dado que si fuera cierto lo que dicen no existiría el río en ese tramo, además que es uno de los sitios donde el río lleva más abundancia de agua.

El sitio de *Loma larga II* como antes lo comente tiene características muy atractivas para la proyección de una presa de almacenamiento que podría suministrar al AMG y hacer cumplir el reformado decreto federal de 1995, que después describiré.

Arbitrariamente y sin argumentos comprobatorios se descarto el sitio de “*Loma Larga II*”, y finalmente se opto por la opción de abastecer al AMG por la construcción del proyecto de “*Arcediano*” pese a todas las polémicas e irracionalidades demostradas, este proyecto siguió vivo hasta el 2009, después de que ya se habían invertido más del mil millones de pesos del erario público tirados a la basura, en más de 10 estudios geológicos, compra de terrenos, destrucción de las casas de población de Arcediano, túneles del sistema de bombeo, y que finalmente la CEAJ al tener dudas de la estabilidad de la presa contrato a la empresa alemana VISE Asociados Constructores, la cual recomendó que contrarrestar la falla geológica en el sitio de *Arcediano* se necesitaba una cimentación más compacta que implicaría pilotes de entre 40 y 60 metros de profundidad con 11 metros de diámetro a todo lo largo de la longitud de la corona, algo que nunca en la historia se ha visto para la construcción de una presa y que esto elevaría el costo de la obra de 4 mil 500 millones de pesos a 15 mil 500 millones de pesos, algo totalmente absurdo dado que desde el inicio de su proyección geólogos expertos habían indicado de la falla en ese sitio de la barranca.

- Entre estos años, en el 2005 se firmo el acuerdo de coordinación celebrado por el Ejecutivo Federal, a través de la SEMARNAT, por conducto de la CONAGUA siendo director Cristóbal Jaime Jáquez, por el Ejecutivo del estado de Guanajuato Juan Carlos Romero Hicks y el Ejecutivo del estado de Jalisco Francisco Ramírez Acuña. En donde tomando como base el decreto federal 1995 y reformado en 1997 del que describe que de los 491'976,000 metros cúbicos de agua (15.60 m³/s) del río Verde, 372'139,000 metros cúbicos (11.80 m³/s) le pertenecen a Jalisco y 119'837,000 metros cúbicos (3.8 m³/s) a Guanajuato. Se realizaran estudios de factibilidad para poder abastecer a la ciudad de León Guanajuato, localidades de los Altos de Jalisco y a la Zona Metropolitana de Guadalajara por

medio de la construcción y de operación de la infraestructura en los sitios El Zapotillo y Arcediano. En este acuerdo solo se contemplaba el proyecto de la presa de El Zapotillo con una cortina de 80 metros de altura.

- En 2007 se lleva a cabo un convenio de colaboración firmado y celebrado entre el Ejecutivo Federal por medio de la CONAGUA director Ing. José Luís Luege Tamargo, por el Ejecutivo del estado de Guanajuato Juan Manuel Oliva Ramírez y el Ejecutivo del estado de Jalisco Emilio González Márquez, para llevar a cabo un programa especial para los estudios, proyectos, construcción y operación del sistema presa El Zapotillo y acueducto El Zapotillo- Altos de Jalisco- León Guanajuato. Además se hace la petición por parte del estado de Jalisco para incrementar la cortina de la presa el Zapotillo de 80 metros a 105 metros, que permitirá una mejor y eficiente regulación de las aguas del Río Verde, a través del sistema de presas de El Zapotillo, El Salto y Arcediano, con la intención de abastecer a la ZMG, todo esto si los estudios en el sitio El Zapotillo demuestran que es viable, además que los resultados de ellos serán conocidos en 2008. Construida la presa el Zapotillo se proveerá de un gasto firme de 280'670,400 metros cúbicos anuales (8.9 m³/s), quedando la distribución de la siguiente manera: a la ciudad de León Guanajuato le Corresponden 119'836,000 de metros cúbicos anuales (3.8 m³/s), a los altos de Jalisco 56'764,800 de metros cúbicos anuales (1.8 m³/s) y para la ZMG un volumen de regulación de **104'068,800 metros cúbicos anuales (3.3 m³/s).**
- En 2008 la CONAGUA hace la presentación del proyecto El Zapotillo, donde se describe que se abastecerán las 3 diferentes regiones de la siguiente manera, tomando como base el decreto federal del 1995 que se modifico en 1997: León Guanajuato con 119'836,000 de metros cúbicos anuales (3.8 m³/s), a los altos de Jalisco que son, de los que en total son 56'764,800 de metros cúbicos anuales (1.8 m³/s), **y a la ZMG se le regulara un volumen de 94'608,000 metros cúbicos anuales (3.0 m³/s).**

Con la modificación de la cortina de la presa el Zapotillo de 80 metros a 105 metros, ha pisoteado la soberanía del estado de Jalisco y el único beneficiado ha sido el estado de Guanajuato, dado que este proyecto hidráulico se ha envuelto en una serie de controversias y varias violaciones detectadas efectuadas parte de la CONAGUA en apoyo de la CEAJ, que son los promotores de dicho proyecto. De las cuales describo a continuación:

- No existe la aprobación del cambio de uso de suelo que debe emitir el municipio de Cañadas de Obregón Jalisco, para la cortina de 105 metros de altura.
- Nunca existió la consulta pública a los habitantes de las comunidades afectadas.
- No existe decreto por parte del Congreso del Estado de Jalisco, para el nuevo Centro de Población denominado Talicoyunque, donde se pretende reubicar a los habitantes desplazados.
- La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de la presa El Zapotillo, expedida por la CONAGUA solo se ha presentado para la elevación de cortina de 80 metros, lo cual es ilegal que la CONAGUA en aprobación de la SEMARNAT acepten que 25 metros más de altura en la cortina no representen ningún cambio, toda vez que desacatan lo preceptuado en el artículo 6 del reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, que textualmente señala:

“Las ampliaciones, modificaciones, sustituciones de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones requerirán manifestación de impacto ambiental cuando impliquen incremento en el nivel de impacto y riesgo ambiental”.

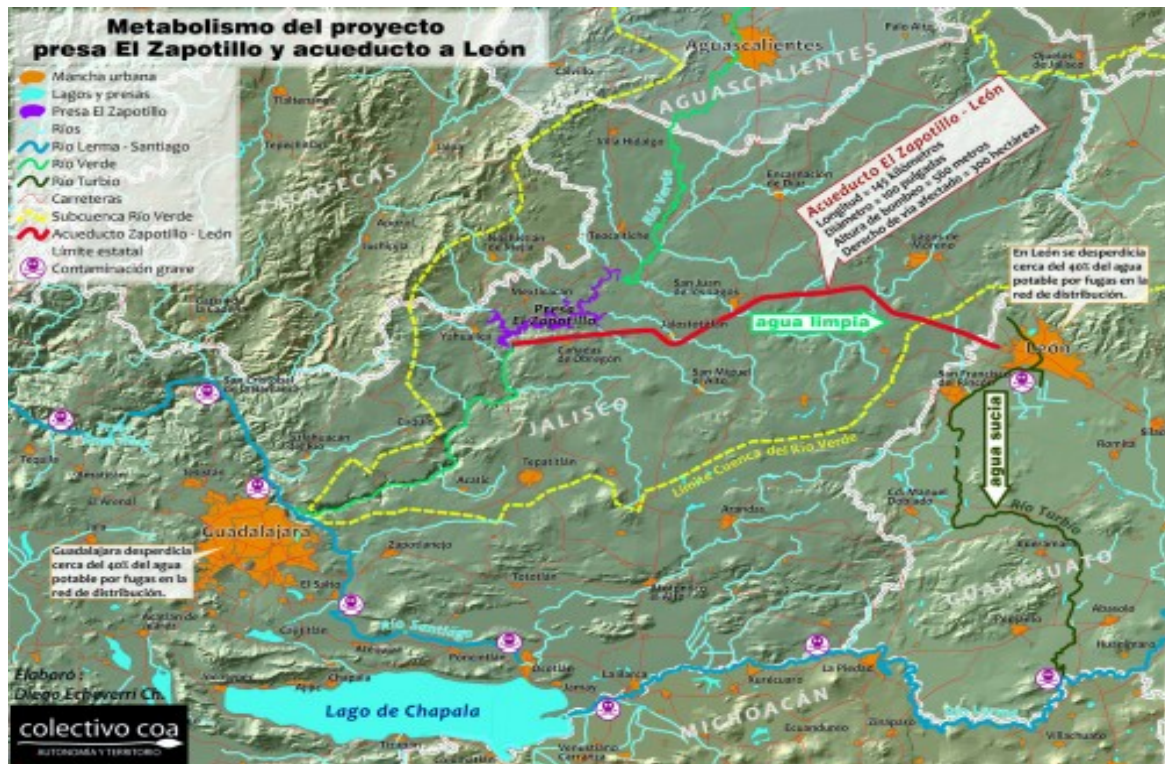
- La violación de los derechos humanos de los habitantes de las comunidades que serán inundadas, la de Acasico del municipio de Mexicacán, Palmarejo y Temacapulín del municipio de Cañadas de Obregón, ambos del Estado de Jalisco, descatando las ordenes emitidas por la quinta sala del Tribunal de lo Administrativo del Estado de Jalisco referido al cese de la construcción de la presa y el nuevo centro de población.
- El dictamen del INAH fue realizado y aprobado desde al año 2007, el cual hasta el año de 2011 la CONAGUA permitió conocerlo, donde se especifica que el poblado de Temacapulín contiene 70% de patrimonios históricos y antropológicos propiedad de la nación y que tienen que ser preservados, algo que la CONAGUA ha hecho caso omiso y supuestamente pretenden reubicar piedra por piedra los patrimonios históricos, algo que hasta la fecha nunca se ha conocido tal reubicación y que tiene pensado el gobierno federal erogar 1600 millones de pesos en dicha reubicación.

Además que la CONAGUA a firmado tratados internacionales, como el emitido por la Comisión Mundial de Represas, donde se especifican varias recomendaciones para llevar a cabo proyectos de esta índole, donde se ha demostrado que la edificación de la presa El Zapotillo viola 21 de 28 directrices, ya que las 21 directrices no cumplidas son amplias: el no reconocimiento de los derechos de los pobladores, la no identificación de los grupos afectados, el análisis de vulnerabilidad o riesgos, la participación de los afectados en la toma de decisiones, el respeto a procesos comunitarios, la ausencia de coacción o manipulación externas, intimidaciones, apoyo financiero a los grupos endebles, transparencia, presentación de alternativas, consentimiento libre, etc., que aunque dicho documento no tiene validez jurídica, pero si moral a la cual la CONAGUA se comprometió a respetar.

En este proyecto se le han detectado varias inconsistencias técnicas, muy graves para el estado de Jalisco, ya que será el único perjudicado, las que serian las siguientes:

- El proyecto de El Zapotillo pretende trasvasar agua de la cuenca del río Verde la cuenca del río Lerma, lo que ocasionaría un desequilibrio hidrológico en la cuenca del río Verde, sin saber a ciencia cierta sus consecuencias, en donde supuestamente el estado Guanajuato después de utilizar el agua, esta será tratada para después verterla al río Turbio el cual consecuentemente verterá sus afluentes al río Lerma y finalmente al milenar vaso lacustre Lago de Chapala, todavía sin conocer que tipos de PTARs, ni cuantas se instalaran para realizar esta acción con el agua utilizada por el estado de Guanajuato. Algo que ha encabezado una desaprobación por especialistas en la materia del estado de Jalisco, todo porque como sabemos en esa zona donde se dotara de agua es donde se asientan varios puntos de desarrollo industrial, toda vez que existen varias empresas de tenerías y curtiduría, además del importante parque industrial que esta por construirse en el puerto seco del municipio de Silao, Guanajuato, con empresas trasnacionales como la nueva planta de producción de automóviles de la marca conocida de la Volkswagen, Mazda en Salamanca Guanajuato y Honda en León Guanajuato, las cuales

conjuntamente demandaran alrededor de 300 millones de metros cúbicos anuales y que finalmente verterán sus aguas residuales industrialmente contaminadas a nuestro Lago de Chapala.



Funcionamiento del transvase de la cuenca del río Verde a la cuenca del río Lerma, proyectado por la presa El Zapotillo.

Para abastecer de agua al AMG, la CONAGUA ha informado que por medio de la presa de El Zapotillo se le derivaran **3.0 m³/s (94'608,000 metros cúbicos anuales)**, algo que viola el convenio de colaboración de 2007 firmado y celebrado entre el Ejecutivo Federal por medio de la CONAGUA director Ing. José Luis Luege Tamargo, por el Ejecutivo del estado de Guanajuato Juan Manuel Oliva Ramírez y el Ejecutivo del estado de Jalisco Emilio González Márquez, donde especificaba que al AMG se le derivarían **3.3 m³/s (104'068,800 metros cúbicos anuales)**, y que supuestamente el agua se le enviara por el propio río Verde y esta será abastecida mediante el revivido proyecto de la presa derivadora El Purgatorio, algo que técnicamente no tiene justificación, la excusa de elevar la cortina de 80 metros a 105 metros del proyecto de la presa el Zapotillo que ha manejado la CONAGUA (lo que sepulta a 3 pueblos históricos del estado de Jalisco), ha sido para aumentar el almacenamiento de agua que supuestamente servirá como regulación de volúmenes del AMG, lo que demuestra una total falacia, ya que resulta técnicamente ilógico que nos hagan llegar el agua por el mismo río Verde y a su vez la elevemos a un costo altísimo por el proyecto de la presa derivadora El Purgatorio, resultando técnicamente y económicamente inviable. Este proyecto de El Purgatorio en 1992 ya había resultado inviable, todo por el enfrentamiento entre el entonces Gobernador de Jalisco Guillermo Cosío Vidaurri y un fuerte grupo de empresarios locales, que veían en los costos de más de medio kilómetro de altura de bombeo, la hipoteca del futuro

de la ciudad. Este resucitado proyecto del Purgatorio promovido por parte de la CONAGUA especifica que se tomaran los 3.0 m³/s (94'608,000 metros cúbicos anuales) de la presa El Zapotillo como antes se cita, de la Presa El Salto 0.8 m³/s (25'228,800 metros cúbicos anuales) y de la cuenca propia 1.8 m³/s (56'764,800 metros cúbicos anuales), con un abastecimiento total de **5.6 m³/s (176'601,600 metros cúbicos anuales)**, con una altura de bombeo de 580 metros, para el AMG, violando lo estipulado en el decreto federal de 1995, reformado en 1997 donde se indica que al AMG le pertenecen **9.6 m³/s (302'745,600 metros cúbicos anuales)**, además que han sido incongruentes la CONAGUA y CEAJ, ya que esta ultima dependencia ha manejado información donde dice que el Proyecto de El Purgatorio dotaría de **9.6 m³/s (302'745,600 metros cúbicos anuales)**, algo realmente absurdo por parte de la CEAJ ya que esos 4 m³/s faltantes de la cuenca baja del río Verde donde se encuentra el sitio de El Purgatorio jamás podría dar ese gasto de agua.

De estos 2 mega proyectos hidráulicos de presas con los que se pretenden dotar de agua a los municipios de los Altos de Jalisco, a la Ciudad de León Guanajuato y a la propia AMG, y a su vez cumplir con el decreto federal de 1995 modificado en 1997 de **Reserva de Aguas Nacionales superficiales en la Cuenca del Río Verde, para uso Domestico y Publico Urbano**, los datos técnicos son los siguientes:

Datos técnicos de la presa El Zapotillo



Estratégicos
proyectos
de agua potable, drenaje y saneamiento

[Menú principal](#)
[salir](#)

Líder del proyecto: Conagua (www.conagua.gob.mx)

10
Presas El Zapotillo

La Comisión Nacional del Agua y los Gobiernos de los Estados de Guanajuato y Jalisco, desarrollan el proyecto sobre el Río Verde, para aprovechar hasta 8,6 m³/s en el suministro de agua potable a:

• Ciudad de León, Gto.	3,8 m ³ /s
• Altos de Jalisco	1,8 m ³ /s
• Guadalajara, Jal.	3,0 m ³ /s

La población de León se abastece principalmente de agua subterránea. La sobreexplotación de los acuíferos se estima del orden de los 3 m de abatimiento anual.

Beneficio social:

1,1 mill. hab. León, Gto.
0,3 mill. hab. Los Altos, Jal.
1,4 millones de habitantes
más la derivación a Guadalajara

Presas

Datos técnicos

Datos
Financieros

Cronograma y
empresas

Croquis de
localización

El proyecto El Zapotillo permitirá transferir un volumen cercano a los 120 millones de m³ anuales, de la cuenca del Río Verde a la cuenca del Río Lerma, la cual está sobreexplotada.


proyectos
Estratégicos
 de agua potable, drenaje y saneamiento

[Menú principal](#)
[salir](#)

Líder del proyecto: Conagua (www.conagua.gob.mx)

10 **Presas El Zapotillo**

Datos básicos

Presas de almacenamiento:	911 Mm ³
Altura de la cortina:	105 m
Acueducto:	140 km
diámetro:	2,54 m
Altura de bombeo:	500 m

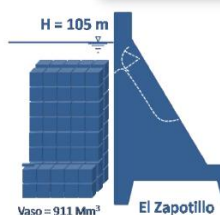


Obra de desvío

[Presas](#)
[Datos técnicos](#)
[Datos Financieros](#)
[Cronograma y empresas](#)
[Croquis de localización](#)

Además de:

- Planta potabilizadora (3,8 m³/s)
- Dos plantas de bombeo
- Tanque de almacenamiento (100 mil m³)
- Macro-circuito de distribución en la ciudad de León, Gto.

**Datos técnicos de la presa derivadora El Purgatorio**

11 **Presas El Purgatorio**

La Comisión Nacional del Agua y el Gobierno del Estado de Jalisco, impulsan el Proyecto El Purgatorio, sobre el Río Verde, para aprovechar : **5,6 m³/s**

• Aprovechamiento presa El Salto (existente)	0,8 m ³ /s
• Derivación de la presa El Zapotillo	3,0 m ³ /s
• Captación por cuenca propia presa El Purgatorio	1,8 m ³ /s

La zona conurbada de Guadalajara se abastece principalmente de agua superficial. El 60% del suministro actual proviene del Lago de Chapala.

Beneficio social:
4,1 millones de habitantes

[Presas](#)
[Datos técnicos](#)
[Datos Financieros](#)
[Cronograma](#)
[Croquis de localización](#)

El proyecto El Purgatorio, apoyado en el proyecto "El Zapotillo", permitirá preservar el Lago de Chapala y contribuir al rescate ecológico de la cuenca Lerma – Chapala.



**proyectos
Estratégicos**
de agua potable, drenaje y saneamiento

[Menú principal](#)
[salir](#)

Líder del proyecto: CEA, Jalisco (www.ceajalisco.gob.mx)

11
Presa El Purgatorio

[Presas](#)
[Datos técnicos](#)
[Datos
Financieros](#)
[Cronograma](#)
[Croquis de
localización](#)

Datos básicos

Presa de almacenamiento:	35 Mm³
Altura de la cortina:	28 m
Acueducto:	6,0 km
Altura de bombeo:	580 m
Túnel:	200 m



H = 28 m
Vaso = 35 Mm³

El Purgatorio

Además de:

- Planta de bombeo
- Planta potabilizadora Ocotillo: 2,0 m³/s
- Ampliación planta potabilizadora San Gaspar: 3,6 m³/s
- Tanque de cambio de régimen (TCR): 240 000 m³
- Sistemas sur y poniente de distribución

De todo lo anterior, nos hemos dado a la tarea de analizar las diferentes alternativas para ser aprovechable el mencionado decreto federal que nos confiere la mayoría cantidad de agua de la cuenca del río verde y solo así poder contrarrestar las violaciones y arbitrariedades con las que vivimos actualmente, siempre recordando lo aprendido en nuestra alma mater, donde se nos enseñó que las obras de ingeniería tienen que girar sobre 4 rubros fundamentales:

- Economía
- Seguridad
- Sustentabilidad ambiental
- Funcional

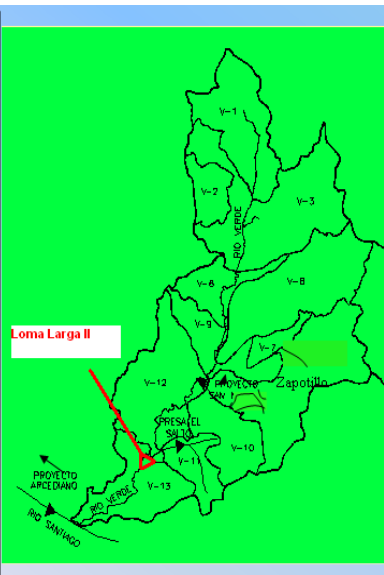
Y si acaso alguna de estas no se encuentra en equilibrio resulta inviable cualquier proyecto de ingeniería, algo que ha dejado mucho que desear de los proyectos antes citados y que han sido promovidos por la CONAGUA, la CEAJ y el SIAPA, por lo que nos tomamos a la consideración de retomar un proyecto que en su momento lo indique, contiene varias características que lo hacen atractivo para aprovechar, y hacer valer los volúmenes de agua que nos pertenecen de la cuenca del río Verde, como lo es el sitio denominado “Loma Larga II”, el cual contiene comparativas significativas con las cuales se podrían desistir de los proyectos hidráulicos de El Zapotillo y El Purgatorio.

De las cuales hago mención:

- *El área de la cuenca hasta el sitio de “Loma Larga II” es de 19,218 km², el cual tiene disponible un caudal medio de 20.12 m³/s según datos*

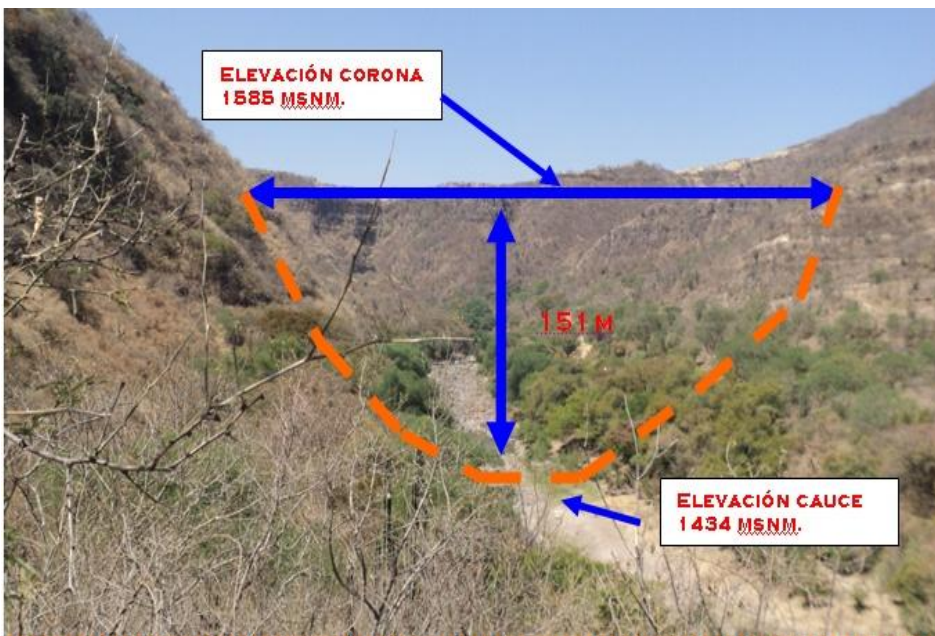
estadísticos de la estación hidrométrica La Cuña, con registros de 65 años (que se encuentra a escasos 500 metros), la cual generaría un almacenamiento anual de 635 millones de metros cúbicos, cuando El Zapotillo con un área de cuenca hasta dicho sitio cuenta con 17,775 km², el cual aporta un caudal medio de 13.95 m³/s, generando un almacenamiento anual de 440 millones de metros cúbicos anuales.

No.	Subcuenca	Área km ²
V1	San Francisco de los Romo	1 834
V2	Presa Calles	587
V3	Presa Niágara	3 109
V4	Presa El Cuarenta	2 357
V5	San Gaspar	2 791
V6	Presa Ajojucar	772
V7	Presa Agostadero	316
V8	Río Encarnación	2 488
V9	Paso del Sabino	966
V10	San Miguel	1 085
V11	El Salto	716
V12	La Cuña	2 197
V13	El Purgatorio	1 432
	TOTAL	20 650



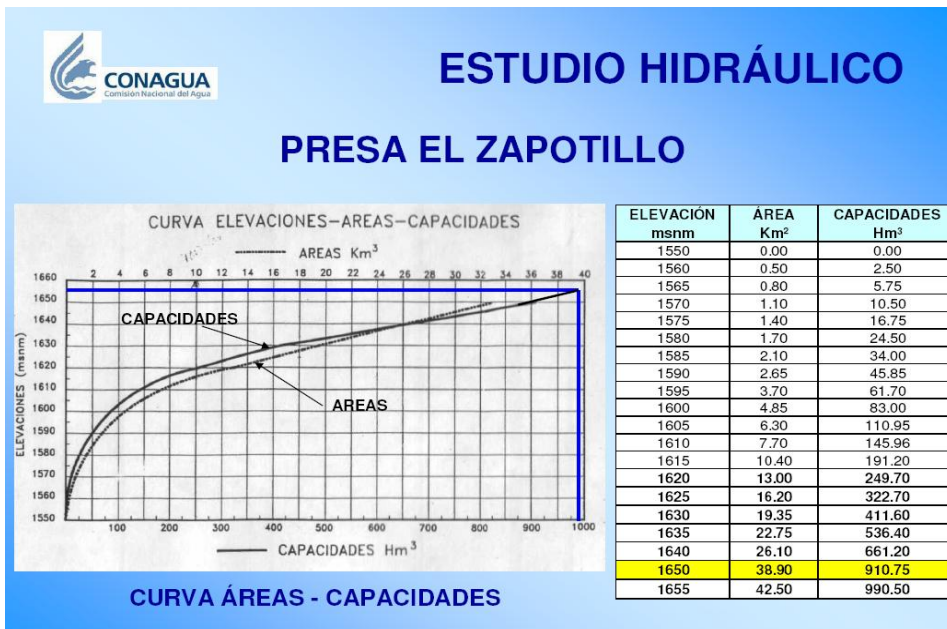
Cuenca del río Verde, y sus subcuencas.

- Con la ubicación geográfica de la cortina, según el estudio técnico de Elevaciones- Áreas- Capacidades, la cortina de la presa con una altura de 151 metros al NAMO, almacenaría un volumen de 905 millones de metros cúbicos, esta se desarrollaría en las elevaciones 1434-1585 msnm, lo que demuestra que no inundaría población alguna ya que la más baja es Acasico que se encuentra en la elevación 1610 msnm.



Eje de la boquilla de Loma Larga II.

- El Proyecto de “Loma Larga II” con el almacenamiento al NAMO de 905 millones de metros cúbicos, tendría un área de embalse de 1880 hectáreas, mucho menor a El Zapotillo que cubriría un área de 4200 hectáreas lo que afectaría grandes superficies agrícolas de alta rentabilidad. Además que el contener un espejo de agua muy amplio contribuye a que por efecto de evaporación se disminuya el volumen de agua.



Anexo Técnico Elevaciones-Áreas- Capacidades, del proyecto de El Zapotillo.

Anexo Técnico (Áreas - capacidades del vaso)

PRESA DE ALMACENAMIENTO LA CUÑA (LOMA LARGA), JAL.
CUADRO DE ELEVACIONES - ÁREAS - CAPACIDADES

Elevaciones msnm	Áreas ha	Áreas km ²	Capacidades Mm ³
1434	0.000	0.0000	0.000
1440	10.600	0.1060	0.318
1450	27.600	0.2760	2.228
1460	52.300	0.5230	6.223
1470	79.900	0.7990	12.833
1480	141.900	1.4190	23.923
1490	218.800	2.1880	41.958
1500	316.800	3.1680	68.738
1510	404.300	4.0430	104.793
1520	509.600	5.0960	150.488
1530	623.900	6.2390	207.163
1540	761.300	7.6130	276.423
1550	935.300	9.3530	361.253
1560	1 131.000	11.3100	464.568
1570	1 349.800	13.4980	588.608
1580	1 586.300	15.8630	735.413
1590	1 851.600	18.5160	907.308
1600	2 244.100	22.4410	1 112.993
1610	2 764.900	27.6490	1 362.543

H = 136m (altura)

Anexo Técnico Áreas- Elevaciones- Capacidades, del proyecto de Loma Larga II.

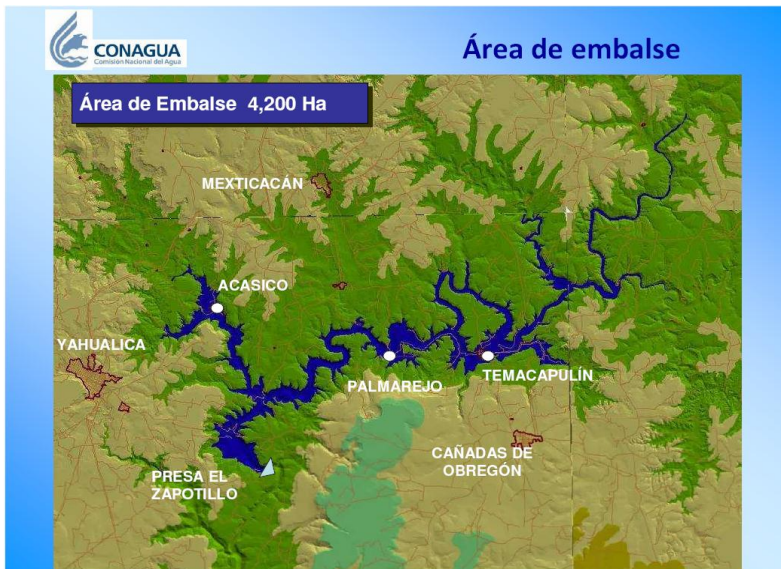
- Para la solución de abasto de agua para los municipios de Los Altos de Jalisco, bastaría con la operación de la presa de El Salto ubicada al noroeste del municipio de Valle de Guadalupe Jalisco, la cual cuenta con 19 años de construida y que desde su construcción no se le ha dado ningún uso, la cual almacena 80 millones de metros cúbicos de agua con una capacidad útil de 72 millones de metros cúbicos, con lo que fácilmente asistiría las demandas de los municipios de los Altos de Jalisco, además que por su ubicación geográficamente sus acueductos se reducirían en 45 kilómetros, atribuyendo que topográficamente es más alta en 200 metros en comparación a El Zapotillo, por lo cual se reduce el costo de bombeo obligado. Esto aumentaría la disponibilidad de agua de la presa Loma Larga II.



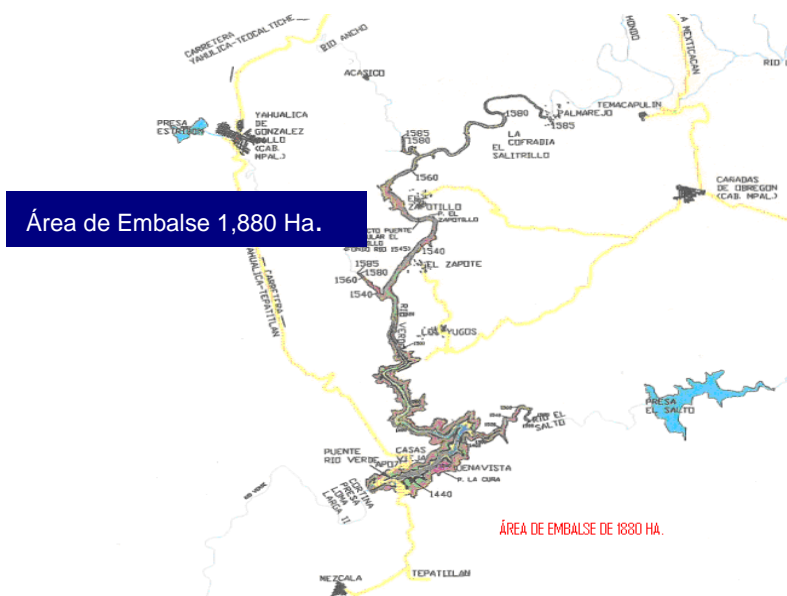
Ubicación del proyecto Loma Larga II, el cual funcionaría mejor con la activación de la presa de El Salto.

- La configuración del acueducto para abastecer al AMG, podría ser mediante el bombeo de 230 metros de la presa Loma Larga II, hacia la presa El Salto, de ahí tomar el agua derivada de esta presa, y enviarla hacia la presa de Calderón la cual se encuentra sub-utilizada de su capacidad, y así finalmente destinarla hacia el agua al AMG, con una longitud de conducción de 90 kilómetros, y generando un sistema de presas que den abastecimiento al AMG. En especial para León Guanajuato, un acueducto independiente de 145 kilómetros y altura de bombeo 580 m.
- El proyecto Loma Larga II, solo afectaría 20 rancherías, en comparación con la presa EL ZAPOTILLO que afecta 1030 habitantes e inundaría tres núcleos de población que contienen patrimonios históricos y antropológicos, etc.
- El proyecto podría beneficiar a casi 2 millones de habitantes de la AMG y 731 mil habitantes de León Guanajuato.

- En beneficio del Lago de Chapala se reduciría el volumen de extracción, y se disminuiría la sobre explotación de los acuíferos en la cuenca Lerma- Chapala - Santiago.



Área de embalse del proyecto presa El Zapotillo, el cual inunda a 3 poblaciones, con patrimonios históricos y antropológicos propiedad de la nación.



Área de embalse del proyecto presa Loma Larga II, el cual inunda solo 20 rancherías.

- Con el Accionar de la presa El Salto, la capacidad sub-utilizada de la presa Calderón y la construcción de la presa Loma Larga II, el sistema de presas podrían abastecer perfectamente los 302'745,600 metros cúbicos anuales (9.6 m³/s) al AMG, los 56'764,800 metros cúbicos anuales (1.8 m³/s) a los

municipios de los altos de Jalisco y los 120 millones de metros cúbicos anuales (3.8 m³/s) para la ciudad de León Guanajuato, haciendo cumplimiento del decreto federal antes mencionado.

La inviabilidad del proyecto de la presa derivadora El Purgatorio se central principalmente en el alto costo por la energía eléctrica que representa elevar los volúmenes de agua necesarios, por lo cual realizamos un análisis que representaría el costo por energía eléctrica Loma Larga II en comparación con El Purgatorio:

- Los datos fueron proyectados para un horizonte de 25 años, con una tasa de inflación de 4.40%, mismo que resulto en el año de 2010, el costo promedio del Kilowatt-hora de \$ 0.66 pesos para este tipo de Obras según CFE, y una eficiencia de 80% de potencia hidráulica a potencia eléctrica y bombeo las 24 horas.

Periodo años	Costo energía eléctrica presa Loma Larga II		Costos energía eléctrica presa El Purgatorio	
	Q= 9.6 m ³ /s ; H= 230 m	Q= 5.6 m ³ /s ; H= 580 m	Q= 9.6 m ³ /s ; H= 580 m	
1	\$163.428.061,67	\$240.405.047,25	\$412.122.938,14	
2	\$170.618.896,39	\$250.982.869,32	\$430.256.347,41	
3	\$178.126.127,83	\$262.026.115,57	\$449.187.626,70	
4	\$185.963.677,45	\$273.555.264,66	\$468.951.882,27	
5	\$194.146.079,26	\$285.591.696,30	\$489.585.765,09	
6	\$202.688.506,75	\$298.157.730,94	\$511.127.538,76	
7	\$211.606.801,05	\$311.276.671,10	\$533.617.150,46	
8	\$220.917.500,29	\$324.972.844,63	\$557.096.305,08	
9	\$230.637.870,30	\$339.271.649,80	\$581.608.542,51	
10	\$240.785.936,60	\$354.199.602,39	\$607.199.318,38	
11	\$251.380.517,81	\$369.784.384,89	\$633.916.088,39	
12	\$262.441.260,59	\$386.054.897,83	\$661.808.396,28	
13	\$273.988.676,06	\$403.041.313,33	\$690.927.965,71	
14	\$286.044.177,80	\$420.775.131,12	\$721.328.796,20	
15	\$298.630.121,63	\$439.289.236,89	\$753.067.263,24	
16	\$311.769.846,98	\$458.617.963,31	\$786.202.222,82	
17	\$325.487.720,25	\$478.797.153,70	\$820.795.120,62	
18	\$339.809.179,94	\$499.864.228,46	\$856.910.105,93	
19	\$354.760.783,85	\$521.858.254,51	\$894.614.150,59	
20	\$370.370.258,34	\$544.820.017,71	\$933.977.173,22	
21	\$386.666.549,71	\$568.792.098,49	\$975.072.168,84	
22	\$403.679.877,90	\$593.818.950,82	\$1.017.975.344,27	
23	\$421.441.792,53	\$619.946.984,66	\$1.062.766.259,41	
24	\$439.985.231,40	\$647.224.651,98	\$1.109.527.974,83	
25	\$459.344.581,58	\$675.702.536,67	\$1.158.347.205,72	
Total	\$7.184.720.033,96	\$10.568.827.296,34	\$18.117.989.650,87	

Los costos del funcionar del sistema de presas *El Salto, la capacidad sub-utilizada de la presa Calderón y la Construcción de la Presa Loma Larga II* rondan los 10,500 millones de pesos. La suma total del costo por la energía eléctrica de este sistema de

presas en valor presente neto alcanzan los \$ 4'239,932,826.00 pesos, que sumados al costo por el funcionar del sistema de presas representarían una inversión de \$14'739,932,826.00 pesos.

La inversión que ha informado la CONAGUA de la presa El Zapotillo ronda los 10,050 millones de pesos, al igualmente la construcción de la presa derivadora El Purgatorio que costara 5,790 millones de pesos. La suma total del costo por la energía eléctrica en valor presente neto del Purgatorio en el escenario que diera un caudal de 5.6 m³/s a una altura de 580 metros, costaría \$ 5'756,825,844.00 pesos, y si ocurriera la falacia de que la presa diera un caudal de 9.6 m³/s a una altura de 580 metros, costaría \$ 9'868,844,304 pesos, que sumados al costo de dichas presas representarían una altísimo inversión de \$ 21'596,825,840.00 pesos y \$ 25'708,844,300.00 pesos respectivamente.

Este análisis justifica la viabilidad de profundizar estudios de factibilidad de topografía, hidrológica, geología, económico-financiero y de carácter ambiental en el sitio de "Loma Larga II", ya que demuestra ser mucho mejor sitio, por todos los atractivos que ofrece además que nunca se comprobó fehacientemente la inviabilidad de dicho sitio.

La fuente que nos proporciona el río Verde es de las más importantes que tenemos a nuestra disposición, llevamos 20 años rezagados en aprovechamiento de esta alternativa para del abasto del vital liquido, aunado a que los últimos estudios realizados en calidad del agua en 2006 demostraron que se encuentra en condiciones optimas para ser utilizadas para consumo humano, además que es agua que por ley casi la totalidad nos pertenece.

Evaluación de toxicidad aguda en el río Verde y río Lagos

- Pruebas de toxicidad aguda con *Vibrio Fischeri* y *Daphnia Magna*
- Prueba de genotoxicidad, "AMES"
- Efectuadas por el IMTA.
- Criterio de evaluación de toxicidad:

Evaluación*	Valor UT
Toxicidad aguda elevada	> 100
Toxicidad aguda significativa	10 - 100
Toxicidad aguda moderada	2 - 10
Toxicidad aguda despreciable	1 - 2
Sin Toxicidad aguda	< 1
* Criterio de RIZA, Paises Bajos	
- Toxicidad aguda: dos rondas en las 7 estaciones del río Verde y Lagos.
- Toxicidad "despreciable" en San Nicolás, un evento con *Vibrio* y otro evento con *Daphnia*.
 - Muy probablemente ocasionada por las aguas del río Lagos.
- Toxicidad "moderada" con *Vibrio*, en Temacapulín, en el segundo evento.
 - Causa probable, las aguas del río Laja o las del Lagos. No existen descargas directas al río Verde en ese tramo.
- Pruebas de genotoxicidad en 6 sitios del río Verde y Lagos:
 - Las muestras de agua no presentaron actividad mutagénica, con y sin activación metabólica.

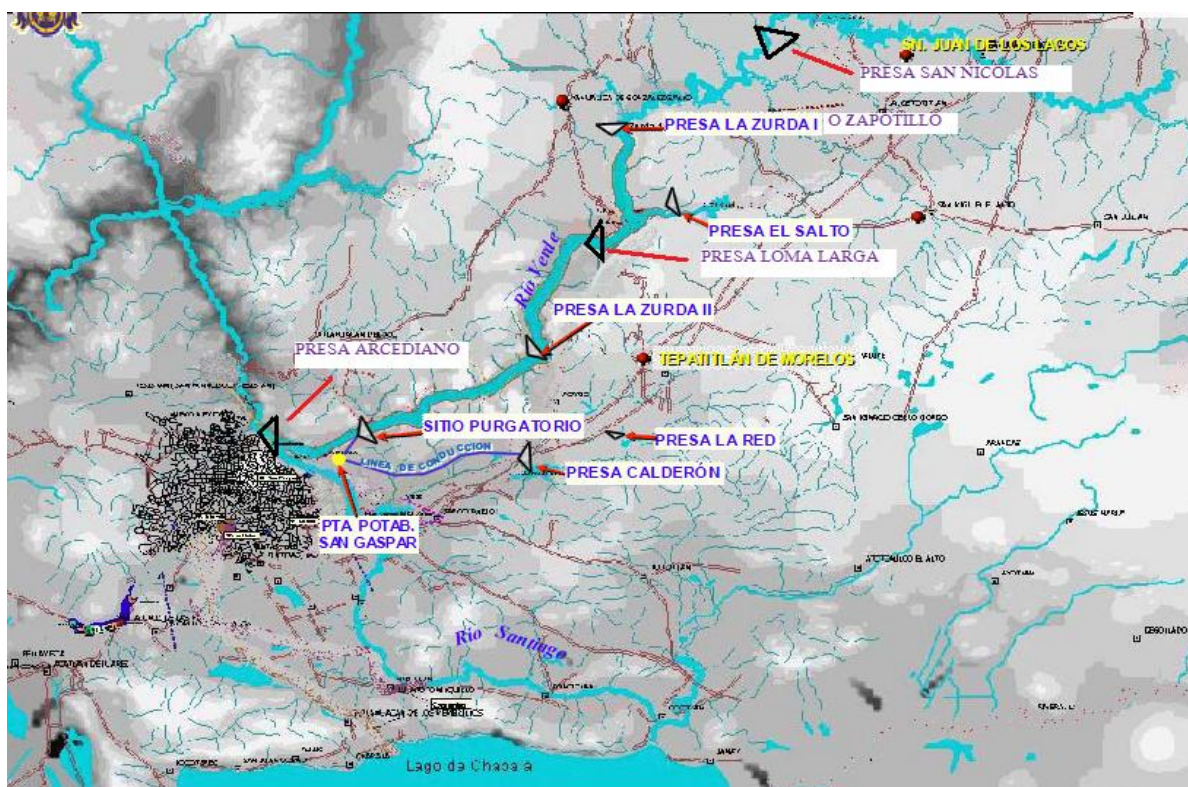
Estación	Toxicidad <i>Vibrio fischeri</i>		Toxicidad <i>Daphnia magna</i>	
	CE ₅₀ (%)	Unidades de Toxicidad, UT	CE ₅₀ (%)	Unidades de Toxicidad, UT
Río Verde en Belén del Refugio	TND/TND	--- / ---	TND/TND	--- / ---
Río Lagos en San Gaspar de los Reyes	TND/TND	--- / ---	TND/TND	--- / ---
Río Verde en San Nicolás de las Flores	73.7 / TND	1.4 / ---	TND Toxicidad ≥100%	---Presencia Toxicidad
Río Verde en Temacapulín	TND/29.5	--- / 3.4	TND/TND	--- / ---
Río Verde en La Cuiña	TND/TND	--- / ---	TND/TND	--- / ---
Río Verde aguas arriba río Tepatlán	TND/TND	--- / ---	TND/TND	--- / ---
Río Verde en El Purgatorio	TND/TND	--- / ---	TND/TND	--- / ---

Resultados de la calidad del agua del río Verde 2006. Optima para aprovecharse.

Entre diferencias políticas y proyectos sin sustento técnico, jurídico, ambiental y social es que nos encontramos en el peor momento de disponibilidad de agua para la

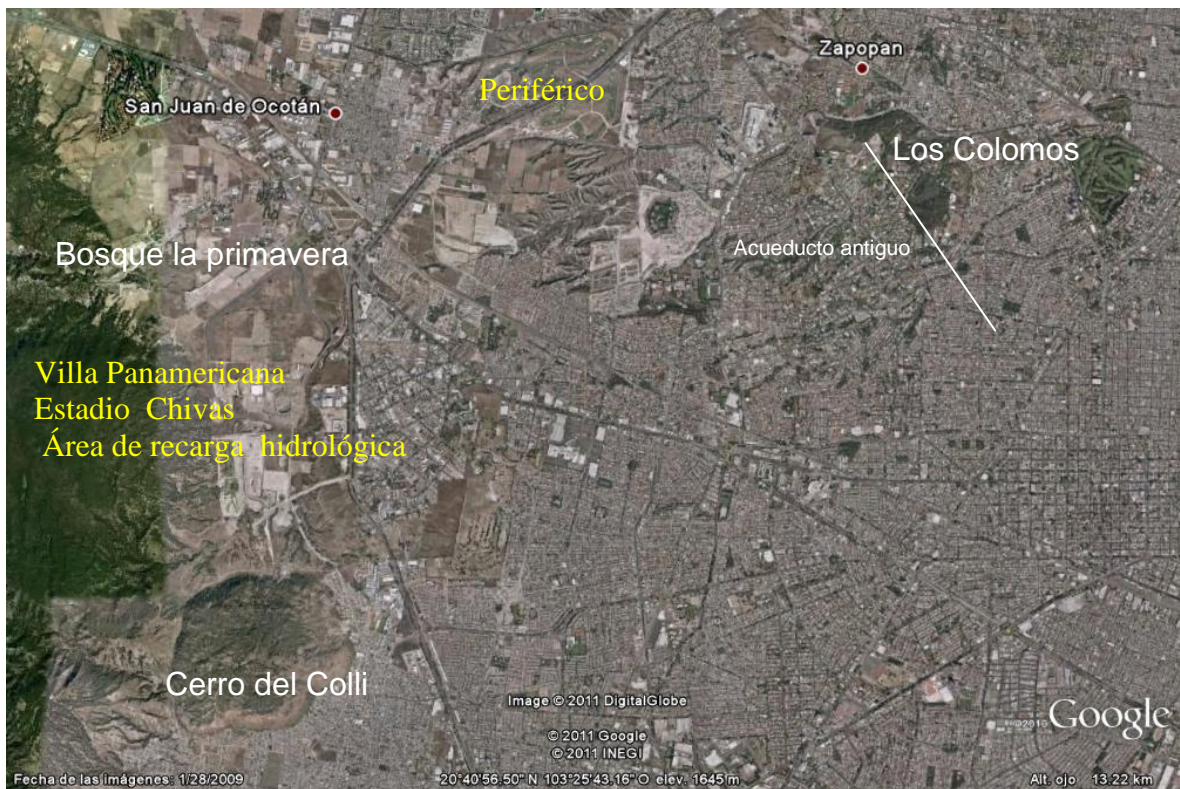
metrópoli. Vale la pena recordar los fallidos proyectos en donde solo se tiraron miles de millones a la basura como los fueron, **La Zurda**, **El Purgatorio**, **San Nicolás**, el tan absurdo **Arcediano** y **El Zapotillo** que actualmente nos resulta una total pérdida de soberanía del estado, dado que se llevarían el agua que nos pertenece, se construye en suelo Jalisciense e inunda 3 poblaciones con patrimonios milenarios y le cedemos totalmente los derechos al estado de Guanajuato para que operen a sus conveniencias la presa y el agua.

Proyectos de presas sobre la cuenca del río Verde



3.7 Aprovechamiento hídrico de los Manantiales y Galerías Filtrantes del Área Metropolitana de Guadalajara.

La disponibilidad del vital líquido, nos conduce en forma integral a recuperar fuentes que en otras épocas solucionaron el abasto de agua a los habitantes que ocuparon áreas y perímetros de la ciudad de Guadalajara, el manejo de las zonas de recarga de los polos de manantiales y galerías que se localizan en la zona “Los Colomos” y “Cerro del Colli” aún tienen la capacidad de proporcionar un gasto firme de $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$, al restablecer los manantiales y galerías existentes, los estudios de disponibilidad localizan en el subsuelo una gran extensión de toba de formación pómez y arenas, donde se ubican manantiales con caudales permanentes y la facilidad de adaptar galerías filtrantes al pie de los cerros de “Los Colomos” y el Cerro del Colli que cuando se aprovecharon se construyeron túneles de hasta 6.0 km de longitud, por lo cual se deben salvaguardar sus áreas de recargas, un factor de recarga de esta riqueza hídrica se debe a la cercanía del bosque de la Primavera.



Estudios de las áreas de recarga, indican la pertinencia de limitar las zonas de desarrollos habitacionales con sus densidades urbanas y el cuidado de la preservación de las áreas de infiltración, que hoy se ven incumplidas, con la construcción del estadio de chivas y las “Villas Panamericanas”, zonas que deben corregir sus áreas ocupadas, para el manejo óptimo de esta disponibilidad factible y de integrar esta solución al abasto de agua para el área metropolitana de Guadalajara, enfocarse a la rehabilitación y en su caso de construcciones nuevas de estas estructuras hidráulicas, al mismo tiempo dedicarse al cuidado de las áreas de recarga, porque representan la recuperación de un recurso hídrico de 22.07 millones de m³ anuales.

3.8 Cultura del Agua

La pérdida de disponibilidad del vital líquido, en la actualidad esta agobiando a los habitantes del AMG, por tal situación es imprescindible emprender acciones que contribuyan a aumentar la disponibilidad y a su vez preservar el recurso hídrico con el que contamos, una medida muy importante que ha demostrado ser redituable en el aumento significativo de la disponibilidad del vital líquido ha sido la cultura del ahorro del agua.

Tristemente en la mayoría de los habitantes de nuestro país, no existe el espíritu, la costumbre, que se refleja en nuestra idiosincrasia y cultura, sobre la importancia de la concientización, preservación y cuidado hacia los recursos naturales, que representan las vías de desarrollo de las ciudades y elementos vitales del ser humano. Con más frecuencia escuchamos que miles de hectáreas de árboles han sido derribadas, miles de ríos son contaminados, etc. Con lo que estamos transformando negativamente los diversos ecosistemas.

En especial, el agua es uno de los elementos más importantes para la preservación de la vida, el agua genera la vida que hoy conocemos, por lo que para nuestra visión es irrefutable que el tema del ahorro del agua sea ya una política con la que se trabaje desde la educación preescolar, hasta los niveles más altos de estudio, donde se informe, se concientice, se trabaje por medio de campañas y promueva la importancia que representa para las futuras generaciones el dejarles un camino ya recorrido y firme y así no agravar dicha problemática. En los núcleos familiares, los padres promuevan, enseñen, dirijan la atención para que sus hijos lleven moralmente en su educación la tentativa del cuidado del medio ambiente. Nuestro poder legislativo, desde la federación debería hacer más énfasis para normar y legislar y a su vez ser más restrictivo sobre la violación que le estamos aplicando a nuestros recursos naturales, en especial el agua, y que el poder ejecutivo sancione con el peso de la ley que se merece.

En la actualidad nos encontramos con las prácticas de malgasto del agua, las cuales han lacerado la pérdida de disponibilidad inherente, de estas las más comunes encontrar son:

- ▶ Lavado de automotores con manguera
- ▶ La manera de lavarse los dientes, con el grifo abierto cuando se cepilla los dientes.
- ▶ Escusados de 16 litros la descarga.
- ▶ Excesivo tiempo a la hora de bañarse.
- ▶ Bañarse en jacuzzis o tinas de agua.
- ▶ Tubería dañada sin ser reparada, que ocasionan fugas en las diferentes infraestructuras de suministro de agua en la casa (Lavaderos, baños, toma de agua principal, etc.)
- ▶ A la hora de bañarse, el agua que se desperdicia antes de que salga el agua caliente.
- ▶ Quitar la mugre de los trastos con agua, en vez de con algún estropajo, cepillo, etc.
- ▶ Grifos de llaves más cerradas.
- ▶ Riego de jardines con manguera.
- ▶ Etc.

Practicas comunes del uso del agua, por lo que se pierde absurdamente.



La cultura del agua debe ser ya una norma, ley o estatuto que debiera ser aplicada por los gobiernos, los propios organismos operadores del agua deberían ser más enfáticos

sobre esta temática, campañas más rigurosas de concientización para el cuidado y ahorro del agua, que dichos organismos estuvieran vinculados con las instituciones educativas para que sean promovidos y disciplinados sobre dicha temática.

La OMS en vinculación con la ONU, han manejado que las ciudades que hacen uso eficiente del agua que se les dota lo indispensable para cualquier ser humano es de 60 litro/hab/día, algo muy divergente a lo que el SIAPA pretende dotar de 280 litros/hab/día, por lo que los usuarios no hacen un uso racional y considerado del agua.

De todo esto, nos resulta necesario hacer uso de la misma tecnología y del ahorro consiente del vital liquido por parte de los usuarios, los cuales podrían implementar medias urgentemente para tratar de contrarrestar el hiriente déficit.

Imágenes alusivas al ahorro de agua



Las cuales podrían ser apoyadas o incentivadas por los organismos estatales (SIAPA y CEAJ) o la misma CONAGUA, que podrían ser las siguientes:

- ▶ Cambiar escusados de 16 litros por los de 6 litros la descarga.
- ▶ Colocar cubetas a la hora de bañarse para captar el agua fría, mientras sale el agua caliente.
- ▶ Verificar la toma de agua en el domicilio, y si alguna tiene fuga, repararla en el menor tiempo posible.
- ▶ En el riego de jardines, implementar riego por aspersor o por goteo.
- ▶ Lavar autos con un trapo y cubeta de agua.
- ▶ A la hora de cepillarse los dientes, cerrar la llave de agua cuando no se este utilizando.
- ▶ Utiliza el tiempo suficiente a la hora de bañarte, para no malgastar el agua.
- ▶ Evita bañarte constantemente en tinas o jacuzzis, así como reutilizar el agua de la tina o jacuzzi para lavar pisos.
- ▶ Instala aireadores en las tomas de agua.
- ▶ Verifica que nunca queden goteos en los grifos.
- ▶ Etc.

Existen un sinnúmero de medias para ahorrar el agua, solo es la voluntad de los usuarios para cambiar la visión del manejo que se le tiene, y de alguna manera compartir y promover la importancia que significa el cuidar y ahorrar el vital liquido, lo cual aumentaría notoriamente la disponibilidad del agua y dejaría el ejemplo para que las futuras generaciones tomen la misma importancia que esto representa.

Conclusión

La situación del manejo del agua en el Área Metropolitana en la ciudad Guadalajara y municipios conurbados (Zapopán, Tlaquepaque, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga) es una muestra del curso que ha tomado los sistemas de agua para consumo humano en nuestro país, desde la **Captación, Conducción, Almacenamiento, Distribución, Remoción y Tratamiento**, hoy se presenta el momento histórico, donde podemos apreciar que el hombre ha modificado en su entorno de su hábitat el ciclo básico del agua, por otro que ha variado desfavorablemente las condiciones de disponibilidad, que la naturaleza brinda en sus procesos normales,

Existe un per cápita de agua para consumo humano por habitante para esta región del país, el cual se debe cuidar y proyectar a futuro para mantener el equilibrio más favorable para sustentar el presente y el futuro de las generaciones que habitan en esta área del país y aplicable para todas las áreas de mayor densidad urbana de nuestro país, donde se encuentra trastocado el equilibrio de disponibilidad reflejado en la misma problemática de la AMG.

El recuento de todo lo analizado en este trabajo, nos dirige a la urgencia de cambiar totalmente la visión que se ha tenido de la administración del agua, el cual podría mejorarse ya que, si manejáramos integralmente el agua disponible, se obtendría:

Fuente	Caudal (m ³ /s)	Equivalencia en Millones de Metros cúbicos anuales
Captación de Agua Pluvial	9.51	300.00
Sectorización de Redes (Reparación de Fugas).	2.85	89.87
Galerías Filtrantes y Manantiales	0.7 a 1.0	22.07
Riío Verde	10.4	327.97
Reuso doméstico para nuevos desarrollos habitacionales 6,250 viviendas	2.50	78.84
Totales	25.96	818.88
Cultura del Agua		Esto aumentaría significativamente la disponibilidad

El resultado de esto da **25.96 m³/s** (818.88 millones de metros cúbicos anuales) de agua potable, contra el abastecimiento actual de agua al AMG que es de **9.87 m³/s** (311.26 millones de metros cúbicos anuales), que representa el **38%** de la disponibilidad posible, el cual realizando un análisis de una viable dotación a la población de 200 litros/hab/día, de la disponibilidad óptima, resultarían dotados **7'764,480** habitantes, este dato es el que resulta para una proyección de crecimiento de población a 20.35 años, con una tasa de progresión de 2.3 % asegurando el suministro de agua, además de los **10.75 m³/s** (339.01 millones de metros cúbicos) de agua de rehusó para riego de jardines, agricultura, industria, etc.

Lo anterior demuestra que como en el AMG y en este sector a nivel nacional, existen mejores soluciones para resolver el desabasto de agua, se debe modificar a un enfoque integral, las cuales según nuestro particular punto de vista, ha sido expuesto en esta tesis.

Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento Diciembre 2007 Comisión Nacional del Agua

Sistemas de Bombeo A. Adriana Cafaggi F.-Eduardo A. Rodal C.-Alejandro Sánchez H. Facultad de Ingeniería UNAM 2011

"La Ingeniería en Jalisco" Editorial Gobierno del Estado de Jalisco Julio de 1990

Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales Vol. I Gordon Maskew - John Charles Geyer - Daniel Okun Editorial Limusa (1968)

Sistemas de Aprovechamiento de Aguas Pluviales Universidad de Sevilla Juan Gallardo - José Ignacio Cornejo S. Sept. – 2008

SIAPA Ficha técnica Informativa sobre el programa de Manejo Integral de Aguas Pluviales (PROMIAP) Julio de 2008

"Pasado y Futuro del Lago Chápala" Ing. Francisco de Paula Sandoval Gobierno de Estado de Jalisco 1994

Manual del usuario EPANET-2 Lewis Rossman Traducción Universidad Politécnica de Valencia 2008

"Acuerdo De Coordinación para El Aprovechamiento Integral Del Agua Del Río Verde" (1997)

"Convenio de Distribución de las Aguas Superficiales de la Cuenca Lerma Chápala" IMTA (2008)

"Acuerdo De Coordinación Para La Recuperación Y Sustentabilidad De La Cuenca Lerma Chápala....." (2004)

"Sistemas De Aprovechamiento De Aguas Pluviales" Universidad de Sevilla. España (2008)

"Fundamentos Y Aplicaciones De La Tecnología Ultrasónica" Universidad de Chapingo y Asociación Nacional de Usuarios de Riego A. (2006)

"Programa De Manejo Integral De Aguas Pluviales" (PROMIAP) SIAPA (2008)

Normativa Ambiental, Pagina Web SEMARNAT

Artículo "Repensar La Cuenca, La Gestión De Ciclos Del Agua En El Valle De México", www.agua.ogr.mx (2009)

"Estudio Chápala 2001" Fundación Lerma -Chápala-Santiago (Ing. Guillermo J. Rendón G.)

"Sectorización En Redes De Agua Potable", CONAGUA (2007)

"Programa De Manejo, Uso Y Reúso Del Agua En La UNAM" , UNAM (2009)

“Programas De Saneamiento Y Abastecimiento Para La Zona Conurbada De Guadalajara”, CEA (2006)

“Convenio De Coordinación Y Concertación Que Celebran El Ejecutivo Federal Y Ejecutivos Estados De Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán Y Querétaro” (2004)

“Actualización Y Caracterización De Fuentes De Contaminación De La Cuenca Río Verde En El Estado De Jalisco”, CEAJ (2006)

“Resultados De Monitoreo Río Santiago, Río Zula Y Arroyo Del Ahogado 2010”, CEAJ (2010).

Artículo “Guadalajara Tiene Sed”, Carlos Felipe Arias García (2010).

PAGINA: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6372S/x6372s03.htm>

Notas Periodísticas periódico Milenio Inundaciones en el AMG 2009

Notas Periodísticas Periódico El Universal, Contaminación del Río Santiago 2010.

Nota periodística periódico El informador, Mayo 2011

“Uso y reuso del agua en la ciudad de México una solución al abasto” Avila Sánchez-Moreno Álvarez-Villafuerte Villegas-Zepeda Basurto Prof. Sancén Contreras UAM Xochimilco 2005

SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DEL AGUA Universidad de Sevilla. Grupo TAR JUAN Gallardo Recio JOSE IGNACIO Cornejo Sánchez (2011)

Informe de gobierno SIAPA “Más y mejor agua para la zona metropolitana de Guadalajara” (Sistema Intermunicipal de los servicios de agua potable y alcantarillado) 1989 – 1994

Informe de gobierno (Gobierno del Estado de Jalisco) “Agua para los Jaliscienses” 2001 – 2007 CEAS (Comisión estatal de agua y saneamiento)