

Casos de estudio en Asociaciones Público-Privadas en América Latina y el Caribe

Planta de tratamiento de aguas residuales
Atotonilco (México)

Ancor Suárez Alemán
Carolina Lembo
José Yitani Ríos
Daniel Vieitez
Gastón Astesiano
Julio Franco Corzo

Vicepresidencia de Países

DOCUMENTO PARA
DISCUSIÓN N°
IDB-DP-00671

Casos de estudio en Asociaciones Público-Privadas en América Latina y el Caribe

Planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco
(México)

Ancor Suárez Alemán
Carolina Lembo
José Yitani Ríos
Daniel Vieitez
Gastón Astesiano
Julio Franco Corzo

Asociaciones Público-Privadas en América Latina y el Caribe: Casos de Estudio

Los casos presentados dentro de la serie de casos de estudio en Asociaciones Público-Privadas en América Latina y el Caribe, tienen el propósito de presentar situaciones y lecciones aprendidas con fines pedagógicos y para dar a conocer a una audiencia amplia la experiencia de la región en el desarrollo de infraestructura y la provisión de servicios mediante esquemas de asociaciones público-privada (APP). Esta serie es producto del trabajo del equipo APP del Banco Interamericano de Desarrollo del BID, liderado por Gastón Astesiano. La coordinación de los casos ha sido realizada por Carolina Lembo, Ancor Suárez Alemán, y José Yitani Ríos, especialistas del BID, en colaboración con Julio Franco Corzo de IEXE Editorial para la adaptación, edición, diseño, y diagramación de contenidos. Los casos se desarrollan exclusivamente como base para el debate, análisis y reflexión de las experiencias y no pretenden servir de garantía, fuente de información primaria ni como ejemplo de gestión eficaz o ineficaz.

Los coordinadores agradecen la colaboración para la edición y revisión de contenidos de los casos de esta serie a las siguientes personas: Marcos Siqueira, Daniel Vieitez, Ignacio Astorga, Manuel Rodríguez Porcel, Natalia Ariza, Paula Castillo, Mauricio Bayona, Lucio Javier García Merino, Xavier Vidal, Fernando Pieroni, y Luiz Francisco Vasco de Toledo.

Copyright©2019 Banco Interamericano de Desarrollo.

Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-No Comercial-Sin Obras Derivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando crédito al BID. No se permiten obras derivadas. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL).

El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Las opiniones expresadas en esta publicación se relacionan exclusivamente con la visión de sus autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), de su Gerencia Ejecutiva, ni de los países que lo representan.



Este caso ha sido desarrollado exclusivamente como base para el debate, estudio y para el análisis de lecciones aprendidas. Los casos no pretenden servir de garantía, fuente de información primaria ni como ejemplo de gestión eficaz o ineficaz, no refleja ningún juicio de valor, validación o apoyo por parte del BID.



Asociaciones Público – Privadas
en América Latina y el Caribe
Caso de Estudio

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco

Asociaciones Público-Privadas en América Latina y el Caribe

Autores

Ancor Suárez Alemán
Carolina Lembo
José Yitani Ríos
Daniel Vieitez
Gastón Astesiano
Julio Franco Corzo

Índice

Resumen Ejecutivo del Proyecto.....	7
Información Técnica.....	8
¿Por qué es Relevante este Proyecto?.....	9
¿Por qué hacer uso del modelo APP?.....	14
La PTAR Atotonilco.....	15
Actividades a cargo del inversionista proveedor.....	17
Estructuración del proyecto.....	22
Matriz de Riesgos.....	25
¿Cómo Participaron los Involucrados?.....	26
¿Qué retos enfrentó el proyecto?.....	28
¿Cómo lo Recibió la Sociedad?.....	30
¿Qué Resultados se esperan?.....	31
¿Qué Lecciones se Aprendieron?.....	32
Referencias Bibliográficas.....	34



Resumen Ejecutivo del Proyecto.....

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Atotonilco es un proyecto estructurado mediante un modelo de Asociación Público-Privada (APP) y forma parte del “Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México”, un plan integral de abastecimiento, distribución y saneamiento de las aguas residuales de la Ciudad de México. Está ubicada dentro del Municipio de Atotonilco de Tula, 75 km al norte de la Ciudad de México. Su construcción inició en 2010, y las operaciones en diciembre de 2017. Es considerada la PTAR más grande del mundo construida en una sola fase y la tercera en capacidad de tratamiento.¹

Desde el siglo XIX, las aguas residuales de la Ciudad de México eran enviadas sin tratamiento al valle del Mezquital, donde se ubica actualmente el proyecto, para el riego agrícola de más de 80 mil hectáreas, siendo parte indispensable de una sólida industria que produce hortalizas y granos para consumo humano y animal; pero al mismo tiempo, provocaba contaminación ambiental y problemas de salud a miles de personas. Cabe señalar que más del 60% de las aguas residuales que se generan en la República Mexicana, provienen de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Por estas razones, se decidió construir una planta en una superficie de 160 hectáreas, la cual limpia las aguas residuales de más de 12 millones de personas, aporta beneficios directos a más de 700 mil habitantes en el Valle del Mezquital (300,000 habitan directamente en las zonas de riego) y posibilita la siembra de cultivos que anteriormente estaban restringidos por ser regados con aguas negras. Por otro lado, reduce el costo de las enfermedades ocasionadas por el agua y brinda beneficios ambientales, como la recarga de los mantos acuíferos y la generación de energía eléctrica para su auto consumo.

La planta es capaz de eliminar organismos patógenos del agua, conservando los nutrientes necesarios para el riego agrícola, lo cual es indispensable para el sustento de los agricultores de la zona. El proyecto ha sido reconocido por diversas instituciones a nivel mundial, por su sofisticación tecnológica, su estructuración financiera, su impacto social y su nivel de replicabilidad.²

¹ Aguas Tratadas del Valle de México. Presentación. Conagua. Septiembre de 2012. Página 85.

² BID, 2016 Infrastructure 360^o Awards. Portal iagua.es. 7 de marzo de 2011 y 13 de mayo de 2013. Prensa.



Información Técnica

	Sector Público	Sector Privado		
Actores involucrados:	Gobierno Federal de México, a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, (SHCP). Banca de desarrollo del Gobierno Federal de México (Banobras). Gerencia Externa y Asesoría: Lockwood Greene de México, Consultoría Integral en Ingeniería, CH2M Hill International, Thompson & Knight, White & Case y Deloitte.	Consorcio Aguas Tratadas del Valle de México: Promotora de Desarrollo de América Latina (IDEAL) – 40.8% Atlatec (Mitsui & Co y Toyo Engineering) – 24.26% Acciona Agua – 24.26% Controladora de Operaciones de Infraestructura (ICA) – 10.2% Desarrollo y Construcciones Urbanas – 0.479% Green Gas Pioneer Crossing Energy – 0.001%		
Ubicación	75 km al norte de la Cd. de México	Plazo del Contrato APP/CPS 25 años: 93 meses de construcción y 207 meses de operación y mantenimiento		
Tipo de APP desde el punto de vista funcional	Sector Agua - Saneamiento	Organismo contratante CONAGUA		
Tipo de APP desde el punto de vista de su fondeo	Prestación de Servicios de Tratamiento de Aguas Residuales, que incluye el diseño, construcción, equipamiento electromecánico, pruebas, operación, mantenimiento y transferencia (DBOT).			
No tarifable. La contraprestación que recibe el inversionista proveedor por el servicio proporcionado al gobierno, proviene de recursos presupuestales de la CONAGUA quien es el ente contratante.				
Objetivo Sanear el 60% de las aguas residuales generadas en el Valle de México; impulsar el riego con aguas residuales tratadas en más de 80 mil hectáreas en el Valle de Tula, incrementando su potencial agrícola; sanear los cuerpos y cauces superficiales que reciben aguas residuales y, mejorar las condiciones sanitarias de más de 300 mil personas que viven en zonas de riego.				
Componentes del proyecto (infraestructura de apoyo para la prestación de servicio) PTAR equipada con: captación y obra de toma, pretratamiento, tren de proceso convencional, procesos de tratamiento biológico y desinfección, tratamiento físico-químico, tren de procesos químicos, tren de tratamiento de lodos, almacenamiento de biogás, planta de generación de energía eléctrica utilizando el biogás (la planta consume la energía que produce), sistema de control de olores, construcción de vialidades, edificios para operación, almacenamiento y obras de abastecimiento hidráulico.				
Estado actual: En operación desde el 1 de diciembre de 2017				
Esquema de financiamiento	Inversión pública - 49% US\$ 386 millones El gobierno federal otorgó una subvención de capital a través del FONADIN. Se creó un fideicomiso con Banobras, el cual administra los recursos del proyecto.	Inversión privada - 51% US\$ 402 millones 39% con capital de riesgo del inversionista proveedor. 61% a través de un crédito otorgado por Banobras.		
Resultados	Costo de Construcción		Tiempo de Construcción	
	Presupuesto US\$ 789 millones	Costo Final US \$787 millones. ³	Previsto 3 años	Real 8 años
	Limpieza y tratamiento de las aguas residuales de la Ciudad de México⁴		Beneficios Esperados⁵	
Sin Proyecto 11.3%	Con Proyecto Hasta 60%	El agua tratada en la planta no tiene contaminantes biológicos o químicos y contiene suficientes nutrientes para el riego. Disminución en la incidencia de enfermedades causadas por aguas residuales, en la contaminación de ríos y manantiales y en el deterioro del paisaje. Reducción de emisión de gases de efecto invernadero, la planta genera su propia energía. Diversificación de cultivos y re utilización de lodos.		

Fuentes: CONAGUA. Septiembre de 2012 y 2018 y Harvard University. 2016.

³ Se utiliza un tipo de cambio USD/MXN: 12.7948, del 7 de enero de 2010, para el presupuesto y el costo final. El peso mexicano se depreció 56% en relación al USD entre esa fecha y mediados de 2018, por lo que los montos del proyecto pueden variar, dependiendo de la fuente consultada.

⁴ Harvard University. 2016. Página 6 y CONAGUA. 2018. Páginas 228 y 229.

⁵ Harvard University. 2016. Páginas 1 a 6.



¿Por qué es Relevante este Proyecto?.....

La Zona Metropolitana del Valle de México tiene características únicas, al ser una de las concentraciones urbanas más grandes del mundo ubicada en una cuenca cerrada, sobre lo que originalmente fue un sistema lacunario integrado por los lagos Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Xochimilco y Chalco. En época de lluvias, la cuenca se convertía en un solo lago de 2,000 km² de superficie, esta condición es la causa de las periódicas inundaciones que desde la fundación de Tenochtitlán han tenido que enfrentar sus habitantes.

Desde el Virreinato y tiempos más recientes, se abrieron salidas artificiales a la cuenca. En los siglos XVII y XVIII, se realizó el tajo de Nochistongo; en 1900 entró en servicio el Gran Canal, para el cual se construyó el primer túnel de Tequisquiác; y en 1962 y 1975, los emisores del Poniente y el Central, respectivamente.

Estas obras, construidas con la finalidad de desalojar las aguas residuales y pluviales fuera de la cuenca, han permitido controlar, hasta cierto punto, las inundaciones del Valle, hoy densamente poblado.

En la actualidad, su capacidad es insuficiente y presenta serios problemas. En 1975, cuando la población de la zona metropolitana era de 10 millones de habitantes, la capacidad de desalojo era de 280 m³ por segundo; hoy, ésta se ha reducido a sólo 165, con casi el doble de población.

Además, el Emisor Central, diseñado para manejar agua de lluvia en los picos y recibir mantenimiento en el estiaje, ha operado durante más de 15 años fuera de sus variables de diseño, ya que se utiliza sin interrupción para desalojar las aguas residuales de la ciudad, situación que ha provocado un desgaste acelerado e impedido su mantenimiento. Hoy en día, la posibilidad de obstruirse y presentar una falla, es un riesgo latente para la Ciudad de México y su zona conurbada, situación que motivó su atención inmediata.

La construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO), actualmente en ejecución, está concebido para ampliar la capacidad del sistema de drenaje en temporada de lluvias. Este emisor funcionará de manera simultánea al drenaje profundo actual y en época de sequías, de forma alternada para su mantenimiento. Con esta obra, de 60 km y capacidad de desalojo de 120 m³ por segundo, se evitará el riesgo de inundaciones en la ciudad.



Asimismo, la demanda de agua en la ciudad ha crecido a la par de su población, y si bien el abastecimiento actual de 63 m³ por segundo para uso urbano es suficiente para más de 19 millones de habitantes que viven en la región, este suministro representa un gran costo como: la sobre explotación de los mantos acuíferos, condición que no sólo pone en riesgo la principal fuente de abastecimiento, sino que presenta uno de los problemas más serios, el hundimiento del suelo en todo el Valle de México de manera gradual e ininterrumpida.

El proyecto de la PTAR Atotonilco tiene como principal propósito el solucionar los problemas que ocurren durante el período de lluvias, las cuales, en conjunto con las aguas residuales, generan la necesidad de desalojarlas, primeramente, a través de salidas artificiales para encausar el agua fuera de la zona urbana en el Valle de México, y posteriormente sanearlas para evitar problemas de contaminación de los cuerpos receptores.

Es un caso relevante por los siguientes motivos:

- 1.** Es el proyecto de **infraestructura hidráulica más grande que se haya construido en México y en América Latina y el Caribe, además de ser la PTAR más grande en el mundo construida en una sola etapa.**
- 2.** Se estima que la PTAR ha tenido un **impacto directo en la mejora de la calidad de vida** de aproximadamente 700 mil personas que viven en su zona de influencia y un impacto indirecto, una vez en operación, en millones de habitantes, ya que sana el 60% de las aguas residuales de la Ciudad de México.⁶
- 3.** El tamaño del proyecto representó un **gran reto de ingeniería, gestión y financiamiento** para el gobierno de México. No se registraron sobre costos en la etapa de construcción, aunque la entrega de la infraestructura se retrasó 5 años con respecto a lo planeado, debido en gran parte a:
 - Diversas mejoras que se hicieron al proyecto original con el fin de incrementar su eficiencia, sus objetivos de sustentabilidad ambiental y la seguridad de su operación. Estas mejoras implicaron 6 modificaciones contractuales que afectaron los periodos originales de construcción e inicio de operación.⁷

⁶ Harvard University. 2016. Página 6 y CONAGUA. 2018. Páginas 228.

⁷ Ídem. Páginas 10 y 11.



- Retrasos por conflictos sociales ocurridos en 2015, por trámites con las autoridades municipales y por diferencias prediales con habitantes de la zona.
- Diversos retrasos ocasionados por causas de fuerza mayor, como dilaciones en las obras del TEO, que transporta las aguas residuales desde la Ciudad de México hasta la planta, hallazgos arqueológicos y una falla geológica, así como periodos de lluvias extraordinarias.

4. El cuidado del medio ambiente y la vinculación con la sociedad son las principales prioridades del proyecto. Se incluyó una planta de cogeneración de energía eléctrica, que utiliza el biogás resultante del tratamiento del agua, además se incluyeron programas de reforestación y cuidado de la flora y fauna locales. Por otro lado, desde la etapa de diseño, se pusieron en marcha campañas de información para dar a conocer a la población los beneficios de la planta. De igual forma, se incluyeron programas de capacitación en producción agrícola. Todo esto es parte de la estrategia para mitigar el riesgo de conflictos sociales.

5. El proyecto ha sido reconocido a nivel mundial por diversos organismos, tanto por su complejidad en la estructuración y financiamiento, como por su impacto social, replicabilidad y sustentabilidad ambiental.

- Fue reconocido como el mejor proyecto APP en 2010 por Global Water Intelligence (GWI).⁸
- GWI le otorgó una distinción como uno de los mejores contratos de agua en 2011, debido a su compleja estructuración financiera. Se distinguió a los sectores público y privado por haber unido esfuerzos y haber logrado exitosamente el financiamiento del proyecto, el cual representaba un reto importante, debido a sus dimensiones.⁹
- GWI reconoció a Matsui como uno de las mejores compañías de agua en el mundo en 2011, debido a su participación como proveedor de equipo técnico y socio del consorcio inversionista proveedor del proyecto. Esta compañía es dueña de Atlatec, su representante en México.¹⁰

⁸ Aguas Tratadas del Valle de México. Página 7. Presentación. GWI es la empresa líder mundial en publicidad y organización de eventos de la industria del agua. Cada año premia a lo mejor de esta industria en los "Global Water Awards".

⁹ GWI. "Focusing on Performance. Global Water Summit 2011". Página 100.

¹⁰ Ídem. Página 96.



- Fue reconocido por la revista *World Finance* como el mejor proyecto de infraestructura en el sector hidráulico en 2013. El reconocimiento premió su visión y aporte para la futura estabilidad económica, siendo el proyecto de gran escala que más impresionó en ese año, dentro de su categoría.¹¹
- El Banco Mundial lo consideró la segunda mejor APP en América Latina y el Caribe en 2013. El proyecto fue elegido entre 130 proyectos de todo el mundo, destacando en esta región por su innovación financiera y tecnológica, su visión de desarrollo (impacto social y sustentabilidad ambiental), replicabilidad e impacto en el número de personas a quienes beneficia directamente.¹²
- El proyecto ganó el premio “360° Infrastructure” del Banco Interamericano de Desarrollo en 2016, en donde fue reconocido por su “modelo de excelencia en prácticas de sostenibilidad, así como al ejemplo que supone del impacto que las infraestructuras tienen en las condiciones de vida y el desarrollo de las comunidades en las que se construyen.”¹³

La PTAR Atotonilco forma parte del programa de sustentabilidad hídrica del Valle de México, que tiene como principales propósitos el solucionar los problemas de inundaciones que ocurren durante el período de lluvias en la zona urbana de este valle con las obras necesarias para complementar el sistema general de desagüe que regula y desaloja fuera de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) las aguas residuales y pluviales, en particular el TEO.

De igual forma, busca mejorar las condiciones de calidad del agua para el uso agrícola en el propio Valle de México (VM) y de distritos agrícolas aledaños, estableciendo condiciones acordes con la normatividad vigente y buscando la protección de la población que habita y trabaja en la zona de influencia del programa.

Los principales objetivos de este programa son:

- Revertir la sobre explotación de los mantos acuíferos, de los que depende el 70% del suministro de agua potable de la ZMVM;

¹¹ La revista *World Finance* es una publicación trimestral que da cobertura y analiza a la industria financiera, los negocios internacionales y la economía global. Desde 2007 premia anualmente a los logros más destacados y la innovación de este sector. Referencia. *World Finance*. 2013. “Project Finance Deal of the Year Awards 2013”

¹² Banco Mundial. 2013.

¹³ BID 360° Infrastructure Awards 2016 y Grupo Dimasa. 2016. Prensa.



- Emplear únicamente aguas residuales tratadas para riego agrícola;
- Sanear los cauces a cielo abierto que reciben aguas residuales sin tratar y se ubican en zonas densamente pobladas del Valle de México;
- Desarrollar fuentes sustentables de suministro de agua para el Valle de México;
- Mejorar el sistema de drenaje, para evitar inundaciones en zonas urbanas.¹⁴

El proyecto fue concebido a raíz de este plan, paralelamente a la construcción del TEO, que está destinado a transportar subterráneamente las aguas residuales desde la Ciudad de México hasta la planta, la cual es de orden prioritario para dar una solución integral al Tratamiento de las Aguas Residuales generadas en la ZMVM.

Para comprender mejor la relevancia del proyecto, es necesario conocer el contexto histórico bajo el cual surgió. Desde el siglo XV, la Ciudad de México envía la mayor parte de sus aguas residuales al vecino Valle del Mezquital, un lugar que antes del siglo XX era semi desértico, ubicado a unos 75 km al norte. Para ello, durante 4 siglos se construyeron canales a cielo abierto que hasta hace pocos años seguían funcionando.

A raíz de la construcción de estos canales, en este valle surgió una importante industria agrícola, que cultiva granos y hortalizas en 80 mil hectáreas para consumo humano y animal. Los agricultores utilizaban las aguas negras para regar sus plantíos, aprovechando sus nutrientes y su alto contenido en minerales. Paradójicamente, la mayoría de la producción era enviada a la Ciudad de México para su consumo.

En los años 1990, el gobierno federal decidió implantar normas que prohibieron la siembra de muchos tipos de cultivos, debido a la alta incidencia de enfermedades, ocasionadas por el contacto con las aguas negras y la contaminación de los alimentos.

Aunado a ello, se crearon ambiciosos programas de largo plazo, destinados a la mejora en la conducción y el saneamiento de las aguas residuales de la Ciudad de México, debido al gran crecimiento demográfico que experimentó en la segunda mitad del siglo XX y a que la gran mayoría de sus aguas residuales aún eran enviadas al Valle del Mezquital sin tratamiento.

¹⁴ CONAGUA. 24 de octubre de 2012.



Es importante mencionar el conflicto ancestral existente entre el gobierno mexicano y los agricultores del Valle del Mezquital, quienes todavía se consideran beneficiarios de un decreto presidencial emitido a finales del siglo XIX, a través del cual les otorgaba el derecho de explotar las aguas negras de la ciudad de México, las cuales son un insumo indispensable para su producción.



¿Por qué hacer uso del modelo APP?.....

La población de la Ciudad de México tuvo un vertiginoso crecimiento durante la segunda mitad del siglo XX, incrementando su tamaño en más de 5 veces en 50 años, al pasar de 3 millones de habitantes en 1950 a 18.4 millones en el año 2000, convirtiéndose en una de las mayores urbes en el mundo. Esto ocasionó un gran incremento en la cantidad de aguas residuales producidas, de las cuales sólo eran tratadas el 11.3% en 2009.¹⁵

Para resolver un problema de este tamaño, se planteó la ejecución de una PTAR para una capacidad promedio total de proyecto de 35 m³ por segundo. Las aguas residuales son conducidas por el TEO y el Emisor Central, los cuales descargan al río El Salto y al canal de riego El Salto-Tlamaco, respectivamente; finalmente, el río verterá al canal de riego y en derivación de este último se construirán las “obras de captación” de las aguas que alimentarán al proyecto. A su vez, las aguas tratadas se entregarán en las obras de caja de salida, para separar el caudal que se canaliza para el riego agrícola a través del canal El Salto-Tlamaco, del excedente que se vierte al río El Salto para saneamiento del río Tula y de la presa Endhó.

Una vez planteada la solución técnica del problema a resolver y con base a estimaciones disponibles de demanda, costos de inversión, operación, mantenimiento y conservación en la situación sin y con proyecto, se realizó una evaluación socioeconómica del proyecto, en la que se mostró su rentabilidad social, es decir, su ejecución beneficia a la sociedad en su totalidad.

Cabe subrayar que este análisis estimó una Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) de 14.6 % superior al costo de oportunidad de los recursos públicos o tasa de descuento social de 12%. Una vez confirmado que el proyecto era socialmente rentable, se analizaron las diferentes opciones de financiamiento y gestión del proyecto que tenía disponibles el gobierno federal para desarrollar el proyecto, las cuales consistían en: recursos públicos vía deuda, recursos públicos vía presupuesto y recursos del sector privado vía alguna modalidad específica APP.

¹⁵ CONAGUA. 24 de octubre de 2012.



En el primer caso, la adquisición de deuda por parte del sector público podía resultar incompatible con las cada vez más estrictas normas en materia de déficit público por lo que su utilización como fuente de financiamiento para proyectos de infraestructura y servicios debe ser cuidadosamente analizada.

Con relación a la segunda opción, dado que no existía la disponibilidad inmediata de recursos presupuestarios, debido a la existencia de competencia por este tipo de recursos de otros proyectos o programas de inversión de mayor impacto y urgencia social, se exploró la opción de un esquema de participación del sector privado, en el financiamiento y gestión del proyecto mediante un modelo APP.



La PTAR Atotonilco.....

El gobierno federal de México, a través de la SEMARNAT y CONAGUA, atendiendo los objetivos del Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México, realizó en 2008 los estudios previos del proyecto, que permitieron estimar sus costos, requerimientos de terrenos, energía y necesidades de abasto. A partir de estos estudios se elaboraron los diseños preliminares de la planta.¹⁶

Asimismo, se elaboró un estudio de evaluación socioeconómica, que determinó que la relación entre los beneficios netos del proyecto y la inversión de la PTAR generará una tasa interna de retorno social (TIRS) de 14.6%, por lo que el proyecto es socialmente rentable; los siguientes son los beneficios identificados más importantes:

- En la zona de influencia (96 mil hectáreas), se podrán sembrar hortalizas y granos que estaban restringidos porque se usaban aguas negras para el riego.
- Los beneficios de los agricultores incrementan con el proyecto, al cambiar de cultivos restringidos a no restringidos.
- El proyecto incrementa el valor de los predios ubicados a una distancia de hasta 500 metros del río Tula y la presa Endhó.
- El proyecto reduce el costo de las enfermedades causadas por el contacto con aguas residuales.

¹⁶ CONAGUA. 2018. Página 97.



De esta forma, se propuso diseñar, construir y equipar una PTAR en el municipio de Atotonilco de Tula, en el Estado de Hidalgo, 75 km al norte de la Ciudad de México.

El proyecto cuenta con un tren de procesos convencionales que tiene una capacidad nominal de tratamiento de 23 m³ por segundo y un tren de procesos químicos con una capacidad adicional de 12, para la depuración en forma temporal de los picos de aguas de lluvia.

Además, incluye el aprovechamiento de gas metano para la generación de energía eléctrica, lo que permitirá disminuir la dependencia de fuentes externas de energía eléctrica, asociado a que la disminución de metano abre la posibilidad de la colocación de bonos de carbono.

La PTAR busca cumplir los siguientes objetivos:¹⁷

- 1.** Saneamiento de hasta el 60% de las aguas residuales de la Ciudad de México.
- 2.** Reutilización del agua residual utilizada en agricultura.
- 3.** Reducción limitada de nutrientes en el agua tratada.
- 4.** Mejorar las condiciones de salud de más de 700 mil personas.
- 5.** Recargar los mantos acuíferos de la región con agua de mejor calidad.
- 6.** Saneamiento de cauces.
- 7.** Prevención de formación de bancos de materiales sépticos en los canales de riego.
- 8.** Incrementar la higiene en el riego agrícola.
- 9.** Diversificar cultivos en más de 80 mil hectáreas, eliminando las restricciones para el riego de hortalizas en la zona.
- 10.** Eficientar el uso del agua a través de la tecnificación del riego agrícola, posibilitando el riego por goteo al disminuir los contaminantes en el agua.

¹⁷ CONAGUA. Septiembre de 2012 y 2018. Aguas Tratadas del Valle de México. Presentación.



11. Disminuir el deterioro del paisaje y la contaminación de ríos y manantiales.
12. Potenciar el manto acuífero de Tula como una nueva fuente de suministro de agua potable.
13. Eliminar los olores producidos por las aguas residuales.

Actividades a cargo del inversionista proveedor¹⁸

1. Elaboración del proyecto ejecutivo de toda la infraestructura a construir y equipar, a partir de los criterios generales de diseño y la ingeniería básica que el gobierno federal definió previamente.
2. Construcción y equipamiento de una PTAR sobre una superficie de 160 hectáreas, con una zona de estanques de 500 metros de largo por 300 de ancho, que ocupa la mayor parte de la planta, con las siguientes especificaciones:
 - Capacidad promedio de tratamiento de 35 mil litros por segundo, 12 mil para el tratamiento físico-químico y 23 mil para el tratamiento biológico;
 - Pre tratamiento;
 - Tratamiento biológico y desinfección;
 - Tratamiento físico-químico;
 - Tratamiento de lodos;
 - Almacenamiento de biogás en 30 biodigestores de 35 metros de altura y 26 de diámetro, con 13 mil m³ de capacidad cada uno;
 - Planta de cogeneración de energía eléctrica que utiliza el biogás resultante del tratamiento biológico;
 - Relleno sanitario para disposición final de residuos sólidos y lodos;
 - Sistema de control de olores;

¹⁸ CONAGUA. Septiembre de 2012 y 2018.



- Sistemas contra incendio;
1. Construcción de vialidades;
 2. Construcción de edificios para operación y almacenamiento;
 3. Construcción de obras de abastecimiento hidráulico;
 4. Puesta en marcha de programas de capacitación en producción agrícola, esquemas de reforestación, campañas de protección al medio ambiente y de acercamiento a la sociedad;
 5. Operación y mantenimiento a lo largo del plazo de la prestación del servicio;
 6. Financiamiento parcial de la infraestructura y equipamiento mediante una mezcla de recursos crediticios y capital propio;
 7. Transferencia del activo al final del plazo del APP/CPS.

La construcción de la planta implicó el movimiento de 9.6 millones de m³ de tierra, se necesitaron 330 mil m³ de concreto y 40 mil toneladas de acero estructural. Se laboraron más de 9 millones de horas-hombre, se elaboraron 6,600 documentos de ingeniería, se contrató a 2,860 personas y se estima que se generaron 8,700 empleos indirectos.

PTAR Atotonilco





Fuente: Aguas Tratadas del Valle de México

Las siguientes son las **etapas** para el desarrollo del proyecto:¹⁹

- **Estructuración:**.....Inició en **junio de 2008**;
- **Licitación:**..... .Inició en **mayo de 2009**;
- **Firma de Contrato de Prestación de** **7 de enero de 2010**;
- **Servicios (CPS):**.....
- **Inicio parcial de operaciones:**..... **2016**;
- **Inicio total de operaciones:**.....1 de diciembre de 2017.

El proyecto no sufrió sobre costos, pero tuvo un retraso de 5 años con respecto a lo planeado. Debido a diversas mejoras, el APP/CPS fue modificado 6 veces, incrementando el plazo original del periodo de construcción y reduciendo el periodo de operación, de esta forma, no se modificó el plazo total que originalmente fue suscrito.²⁰

La siguiente tabla resume los incrementos en los costos y los plazos en las etapas de diseño y construcción del proyecto.

¹⁹ CONAGUA 2018. Páginas 107 a 112.

²⁰ CONAGUA. 2018. Páginas 131 a 149.

**Costos y Plazos de la PTAR Atotonilco**

		Gerencia	Construcción	Total
Responsable		Empresas Externas	Inversionista proveedor	-
Conceptos		<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería básica • Ingeniería de detalle • Ingeniería de obra • Ingeniería conforme a obra construida • Manifestación de impacto ambiental • Banco Agente 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de proyecto ejecutivo • Construcción • Equipamiento electromecánico • Pruebas 	• -
Inicio		2009	2010	-
Modificaciones		9	6	-
Costo	Presupuesto	US \$5.5 millones	US \$ 783.3 millones	US \$ 788.8 millones
	Real	US\$ 11.9 millones	US \$ 775.3 millones	US \$ 787.3 millones
	Diferencia	US \$ 6.4 millones	- US \$ 8.0 millones	- US \$ 1.5 millones
	Δ%	117%	-1%	-0.2%
Plazo	Original	4 años	3 años	No Acumulable
	Real	8.5 años	8 años	
	Diferencia	4.5 años	5 años	
	Δ%	113%	167%	

CONAGUA. 2018. "Libro Blanco. Construcción de la PTAR Atotonilco". Páginas 106 a 170.

Adicionalmente, el proyecto sufrió retrasos ocasionados por diversas causas de fuerza mayor. Una de las más relevantes es el retraso que sufrió una obra alterna, el TEO, que a principios de 2015 enfrentó retrasos que obligaron a aplazar la construcción de la PTAR Atotonilco.²¹

En ese mismo año, algunos pobladores de las zonas aledañas tuvieron diferencias

²¹ CONAGUA. 2018. Páginas 140 a 143.



con respecto a los límites de predios contiguos al proyecto²² y el municipio de Atotonilco de Tula clausuró temporalmente las obras de construcción por supuestos adeudos en permisos de años anteriores.²³ Por su parte, a mediados de 2017 se dio una gran reforma en la legislación energética en México, que obligó a modificar los contratos de generación de energía eléctrica de la planta, lo cual ocasionó más retrasos.²⁴

Por último, se registraron múltiples hallazgos arqueológicos y una falla geológica; además existieron retrasos en la construcción de la espuela de ferrocarril atribuidos a la empresa operadora de ferrocarriles y en 2017 se registró un periodo extraordinario de lluvias que obligaron a retrasar la construcción del proyecto.²⁵ La siguiente tabla resume las mejoras al proyecto original y los retrasos ocasionados por causas de fuerza mayor.

Modificaciones al Proyecto y Retrasos en la PTAR Atotonilco

Fecha	Mejoras al Proyecto	Retrasos por Causas de Fuerza Mayor
2011	<ul style="list-style-type: none"> • 36 mejoras a la planta, entre ellas: <ul style="list-style-type: none"> • 2 biodigestores adicionales; • 1 esfera adicional para almacenar biogás; • 1 quemador adicional de biogás; • Aumento del tamaño del quemador de grasas; <ul style="list-style-type: none"> • Otras mejoras menores a la infraestructura e instalaciones. 	No se presentaron.
2012	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación en el diseño y construcción de la espuela de ferrocarril; • Construcción de edificio de cloración; • 2 mejoras menores a la infraestructura e instalaciones. 	No se presentaron.

²² Ídem. Páginas 144 a 146.

²³ El Universal. 14 de marzo de 2016. Prensa.

²⁴ CONAGUA. 2018. Páginas 144 a 146.

²⁵ Ídem. Páginas 140 a 144, 147 y 148.



Feb. 2015	<ul style="list-style-type: none">• Certificación en el mecanismo para el desarrollo limpio y obtención de bonos de carbono;• Incremento en obras de compuertas;• Obras de mejoramiento de imagen sin costos adicionales, ya que se usaron recursos remanentes de ejercicios anteriores.	<ul style="list-style-type: none">• Múltiples hallazgos arqueológicos;<ul style="list-style-type: none">• Reubicación de pozos;• Interferencias y bloqueos de pobladores, ocasionados por diferencias en límites de propiedad de predios;• Retrasos en el proyecto del Túnel Emisor Oriente;• Hallazgo de falla geológica.
Dic. 2015	Los residuos sólidos del pre tratamiento de la planta se depositarán en el relleno sanitario y los biosólidos en el mono relleno.	Retrasos en la construcción de la espuela de ferrocarril, ocasionados por rezagos en documentación de la compañía operadora de ferrocarriles.
Mayo 2017	Diversas modificaciones contractuales menores.	Modificaciones importantes en la legislación federal que afectaron los contratos de conexión eléctrica.
Nov. 2017	<ul style="list-style-type: none">• Retiro de materiales por la excavación del sitio arqueológico hallado;• Modificación de los honorarios fiduciarios;• Incremento de la tarifa T1.	<ul style="list-style-type: none">• Retrasos en el periodo de pruebas, ocasionados por un periodo de lluvias extraordinarias y el correspondiente arrastre de materiales.

CONAGUA. 2018. "Libro Blanco. Construcción de la PTAR Atotonilco". Páginas 106 a 170.

Estructuración del proyecto

La estructuración implica un APP/CPS de modalidad plurianual a precio fijo, con inversión de recursos públicos y participación de inversión privada parcial recuperable. **El inversionista proveedor es responsable del financiamiento, diseño, construcción, equipamiento, pruebas, operación, mantenimiento y transferencia de la infraestructura y equipamiento de la planta (DBOT).**

La Conagua entregó al inversionista proveedor la ingeniería básica y estableció las características, normas y especificaciones generales de diseño, mismas que elaboró previo a la licitación. El APP/CPS se adjudicó a través de una licitación pública internacional.

EL marco legal aplicable al proyecto fue regulado por la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, y su Reglamento. La planta se licitó en mayo de 2009 y el consorcio ganador fue "Aguas Tratadas del Valle de México (ATVM)", que se formó para construirla y operarla. Está constituido por "Promotora del Desarrollo de América Latina, SA de CV", "Controladora de Operaciones de



Infraestructura, SA de CV,” “Atltec, SA de CV,” “Acciona Agua, SA,” “Desarrollo y Construcciones Urbanas, SA de CV” y “Green Gas Pioneer Crossing, L.L.C.”

El costo total del proyecto fue de US\$ 787 millones, de los cuales, el **inversionista proveedor** invirtió el 51%, equivalente a US\$ 402 millones; de este monto, el 39% fue capital propio del inversionista proveedor y el 61% restante fue un crédito que le fue otorgado por Banobras, banca de desarrollo del gobierno mexicano.

El sector público aportó el 49% de la inversión, equivalente a US\$ 386 millones. Estos recursos fueron una subvención de capital procedente del gobierno federal a través del FONADIN. Es importante resaltar que normalmente, este fondo aportaba hasta el 40% del costo de los proyectos de infraestructura, pero en este caso se hizo una excepción relevante, con el fin de brindar confianza a los inversionistas privados, ya que el nuevo porcentaje autorizado fue anunciado previo a la convocatoria de licitación.

De igual forma, se creó un fideicomiso de inversión, administración y fuente de pago con Banobras, que administra financieramente el proyecto bajo el siguiente esquema:

- 1.** La CONAGUA suscribe un APP/CPS de tratamiento de aguas residuales y todos los servicios mencionados previamente;
- 2.** El inversionista proveedor aporta el 20% del costo del proyecto como capital de riesgo;
- 3.** El inversionista proveedor solicita a Banobras el financiamiento parcial del proyecto;
- 4.** El gobierno federal, a través del FONADIN, deposita en el fideicomiso el monto que aportará a la inversión del proyecto;
- 5.** El fideicomiso contrata a una empresa supervisora de obra;
- 6.** El inversionista proveedor construye y equipa el proyecto. Posteriormente solicita al fideicomiso el pago de sus avances;
- 7.** El fideicomiso paga al inversionista proveedor.



En cuanto al pago de las contraprestaciones al inversionista proveedor, en el contrato se establecen 4 tarifas, 3 de ellas son variables (T2, T3PC y T3PQ) y dependen en gran medida de la cantidad de agua tratada. Solamente la tarifa T1 es fija, por lo que no es posible determinar una contraprestación total.

Sin embargo, el inversionista proveedor la estimó en US\$ 81 millones anuales y la presentó en su propuesta para la licitación de la prestación de servicios, basándose en el caudal medio esperado, que es de 86.91 millones de m³ mensuales.²⁶ Estas tarifas se resumen en la siguiente tabla.

Tarifas Contractuales

Tarifa	Periodo de pago	Monto	Concepto
T1	Mensual	US\$ 3.35 millones más IVA	Pago de inversión en diseño, construcción, equipamiento y puesta en operación de la PTAR
T2	Mensual	Variable, depende en gran medida del volumen de agua tratado	Costos fijos de operación de la PTAR
T3PC	Mensual	Variable, depende en gran medida del volumen de agua tratado	Costos variables de operación, conservación y mantenimiento del tratamiento biológico
T3PQ	Mensual	Variable, depende en gran medida del volumen de agua tratado	Costos variables de operación, conservación y mantenimiento del tratamiento físico-químico

Fuentes: CONAGUA. 2018. Página 147 y Thompson & Knight. 2009. Presentación.

Debido al retraso en la entrega de la infraestructura, y de acuerdo con las cláusulas contractuales, desde septiembre de 2013 se empezó a pagar proporcionalmente la tarifa T1. Desde esa fecha, hasta abril de 2018, se pagaron un total de US\$ 311 millones.²⁷

En el contrato se especifica que al término del plazo de la prestación de servicios, el inversionista proveedor transferirá la propiedad de las instalaciones, equipos,

²⁶ CONAGUA. 2018. Página 106.

²⁷ CONAGUA. 2018. Páginas 152 a 154 y 222. Los reportes están expresados en pesos mexicanos de octubre de 2009. Para convertirlos a dólares estadounidenses, se utilizó un tipo de cambio USD/MXN 13.22, promedio de ese mes. Aunque la etapa de operación inició el 1 de diciembre de 2017, este hecho se formalizó mediante un acta hasta el 30 de abril de 2018.



refacciones, materiales, bienes, insumos y accesorios que forman parte de la PTAR. También se establece que el inversionista proveedor nunca será propietario del agua, los lodos o los biosólidos, ni tendrá ningún derecho sobre los mismos ni sobre sus productos o subproductos.²⁸



Matriz de Riesgos.....

La siguiente tabla ilustra la distribución de algunos de los riesgos del APP/CPS.²⁹

Matriz de riesgos de la PTAR Atotonilco

Categoría de riesgo	Sector Privado	Sector Público
Accidentes, Daños o Perjuicios durante la etapa de Construcción y Operación	X	
Calidad del Agua Tratada	X	
Sobrecostos durante la Construcción	X	
Deficiencias en Mantenimiento y Conservación	X	
Equipamiento en Construcción y Operación	X	
Sobrecostos durante la Operación, Mantenimiento y Conservación	X	
Permisos, Autorizaciones y Normatividad Ambiental	X	
Pruebas de Funcionamiento	X	
Diseño	X	X
Riesgo Financiero / Económico	X	X
Utilización de Predios y Derechos de Paso	X	X
Adquisición y Permisos Prediales		X
Fuerza Mayor		X
Modificación de Leyes		X

Fuente: Thompson & Knight. 2009. Presentación.

²⁸ Thompson & Knight. 2009. Presentación.

²⁹ Los riesgos se han inferido a partir de un documento que resume la versión final del contrato de prestación de servicios, el cual fue elaborado por el despacho legal Thompson & Knight, quienes fungieron como asesores legales de CONAGUA en el proceso de licitación.



¿Cómo Participaron los Involucrados?.....

Como puede observarse, la mayoría de los riesgos fueron trasladados al inversionista proveedor y únicamente los que no le son imputables, fueron retenidos por el gobierno, cumpliéndose de esta forma uno de los principales objetivos al utilizar un esquema APP.

	Sector público	Sector privado
Inversión	Subvención al capital 49% US\$ 386 millones Gobierno Federal de México a través del FONADIN	Recursos privados (Deuda y Capital) 51% - US\$ 402 millones Deuda 31% de la inversión inicial US\$ 244.4 millones Banca de desarrollo del gobierno federal de México: BANOBRAS y banca comercial local³⁰ Capital 20% de la inversión inicial US\$ 157.6 millones Consorcio Aguas Tratadas del Valle de México: <ul style="list-style-type: none"> • Promotora de Desarrollo de América Latina (IDEAL) – 40.8% • Atlatec (Mitsui & Co y Toyo Engineering) – 24.26% <ul style="list-style-type: none"> • Acciona Agua – 24.26% • Controladora de Operaciones de Infraestructura (ICA) – 10.2% <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo y Construcciones Urbanas – 0.479% • Green Gas Pioneer Crossing Energy – 0.001%
Destino de los recursos	Diseño, construcción, equipamiento y pruebas	
Gerencia Externa y Asesoría	<ul style="list-style-type: none"> • Lockwood Greene de México; • Consultoría Integral en Ingeniería; <ul style="list-style-type: none"> • CH2M Hill International; • Thompson & Knight; <ul style="list-style-type: none"> • Deloitte. 	White & Case

30

Fuentes: CONAGUA. 2018 y Banco Mundial. 2013. Página 79.

Es muy destacable el liderazgo del gobierno federal en el proyecto, puesto que, por un lado, logró que el FONADIN incrementara su aportación en forma de subvención, del 40% original, al 49% definitivo; y por otro lado, siempre privilegió el impacto social del proyecto, la sustentabilidad ambiental y el involucramiento del mismo con la sociedad.

³⁰ Se desconocen tanto el destino de los recursos, como los montos financiados.



Por su parte, el inversionista proveedor está conformado por empresas de reconocida trayectoria y experiencia en la construcción, ingeniería, operación hidráulica y generación de energía eléctrica, lo que asegura la correcta ejecución del proyecto. Estas empresas estuvieron comprometidas desde el inicio con los objetivos del gobierno y llevaron a cabo importantes programas alternos a la construcción y operación de la PTAR:

- Programas de rescate y reubicación de flora.
- Programas de rescate y reubicación de fauna silvestre, lográndose proteger a individuos de 16 especies, desde serpientes hasta búhos.
- Programas de monitoreo y vigilancia ambiental.
- Programas de reforestación intensiva dentro y fuera de la PTAR, en una superficie de 16 hectáreas.
- Se cumplieron todas las normas oficiales en cuanto al manejo y disposición de residuos sólidos urbanos, así como de residuos de manejo especial (material ferroso, madera, cartón y PET), generados en las etapas de preparación del sitio y construcción.
- Programas de difusión ambiental.³¹
- De igual forma, son muy destacables los programas llevados a cabo por el inversionista proveedor desde el inicio del proyecto, para involucrar, capacitar e informar a la población local acerca de los beneficios y los resultados esperados del proyecto, mismos que se resumen en 4 temas específicos:
 - El agua tratada por la PTAR no pierde sus nutrientes;
 - El agua no será privatizada;
 - Difusión de los beneficios de utilizar agua tratada;
 - Capacitación en la utilización de riego por goteo para efficientar el uso del agua.³²

³¹ CONAGUA. 2018. Páginas 182 a 196.

³² Banco Mundial. 2018.



Estos programas mitigaron por completo los conflictos sociales durante la etapa de construcción y jugaron un papel relevante, debido a las diferencias existentes entre el gobierno federal y los agricultores del Valle del Mezquital, relacionadas con la propiedad de las aguas residuales de la Ciudad de México.

Por último, para transparentar y brindar certidumbre a los inversionistas, se creó un fideicomiso con Banobras, para administrar financieramente el proyecto, el cual, además se encarga de contratar a todos los involucrados, desde el inversionista proveedor hasta las empresas supervisoras, auditoras y asesoras.



¿Qué retos enfrentó el proyecto?.....

El proyecto enfrentó 4 retos importantes. El primero fue el tamaño, tanto de la infraestructura, como de los objetivos planteados. Al enfrentar el gran desafío de sanear las aguas residuales de una de las ciudades más grandes del mundo, era necesario utilizar equipos y tecnología de vanguardia, que permitieran a la PTAR cumplir con sus metas de bienestar social y sustentabilidad ambiental, pero que al mismo tiempo, implicaban fuertes costos y ponían a prueba la solidez de las instituciones del gobierno encargadas de las finanzas públicas, el agua y el medio ambiente.

Cuando el proyecto inició en 2009, el gobierno de México estaba involucrado en varios proyectos de infraestructura de gran envergadura, en los sectores de transporte terrestre, agua, puertos y energía. Esto implicaba que los proyectos debían ejecutarse correctamente, si no se corría el riesgo de comprometer las finanzas públicas.

Al final, el reto del tamaño fue superado y la planta fue construida sin sobre costos, resultando en una de las más grandes del mundo, convirtiéndose en el proyecto de infraestructura hidráulica más grande en la historia de México y América Latina y uno de los más importantes en cuanto a su impacto social y ambiental.

El segundo reto al que enfrentó el proyecto, fue el manejo del conflicto existente entre el gobierno federal y los agricultores de la zona, quienes disputan el derecho de uso de las aguas residuales de la Ciudad de México. Este es un conflicto con largos antecedentes, agravado en la década de 1990, cuando el gobierno, por razones de salud, restringió la siembra de muchos cultivos, debido, al uso de este tipo de agua para el riego.



Debido a que los agricultores tenían el temor de que las aguas residuales perdieran los nutrientes necesarios para el cultivo y que el agua fuera privatizada, existía un riesgo latente de enfrentamientos sociales que pudieran interferir con el proyecto o incluso obligar a su cancelación. Para mitigar este riesgo, desde el diseño inicial del proyecto por parte del gobierno, se establecieron programas de acercamiento con la sociedad, mismos que tuvieron el efecto deseado, al no presentarse conflictos sociales por este motivo durante la etapa de construcción.

El tercer reto al que se enfrentó el proyecto fue la conclusión de su construcción a pesar de las modificaciones y mejoras introducidas, y de los retrasos ocasionados por causas de fuerza mayor.

El proyecto original sufrió 6 modificaciones contractuales que implicaron múltiples mejoras en su diseño, siempre orientadas a aumentar su desempeño y sus beneficios ambientales. Sin embargo, estas mejoras resultaron en retrasos en la construcción. Un ejemplo es el perfeccionamiento de los procesos de almacenamiento y manejo de biogás. Primero, se amplió la capacidad original de la planta para almacenar este elemento. Posteriormente, se modificaron los procedimientos para su manejo, ya que es un material peligroso cuyo exceso debe quemarse bajo ciertas normas de seguridad, pero al mismo tiempo debe maximizarse el calor y la energía generados.³³

Además de los retrasos por las mejoras, se registraron postergaciones ocasionadas por múltiples causas ajenas a su diseño, como el retraso en la construcción del TEO, el hallazgo de restos arqueológicos, periodos de lluvias extraordinarias, diferencias de trámites con las autoridades municipales y conflictos con los habitantes de la zona por límites prediales. Al final, este reto fue superado, ya que la construcción de la planta concluyó con un diseño mejor al original, y con procesos que permiten cumplir los objetivos planteados originalmente. Sin embargo, esto implicó un retraso de 5 años en su puesta en marcha.

El cuarto reto que enfrentó el proyecto fue el ambiente político en el que fue concebida y construida la PTAR, mismo que podía poner en riesgo su continuidad. Durante todo el siglo XX, los grandes proyectos de infraestructura en México no tenían que enfrentarse a cambios ideológicos o políticos fuertes, ya que no había alternancia política en el país. Sin embargo, a partir del año 2000, inició la etapa de alternancia en el gobierno federal, que unos años después continuó en los estados y municipios. Esto implicaba que partidos políticos de distintas ideologías gobernaban a nivel nacional y local.

³³ Harvard University. 2016. Página 10.



Dada la solidez del proyecto y de sus objetivos, este reto fue superado. Por un lado, se logró diseñar y construir la PTAR sin sufrir modificaciones en sus principales objetivos sociales y ambientales. Pero sobre todo, esto sucedió bajo la administración de dos gobiernos federales pertenecientes a distintos partidos políticos.

¿Cómo lo Recibió la Sociedad?.....

Uno de los principales riesgos al inicio del proyecto era la existencia de un antiguo conflicto entre los agricultores locales y el gobierno federal, ocasionado por una disputa por los derechos de las aguas residuales de la Ciudad de México, que eran la fuente principal de riego y nutrientes de sus cultivos. Este problema fue bien atendido por el gobierno desde sus etapas iniciales, con programas que los involucraron, les comunicaron correctamente los beneficios de la planta y les brindaron capacitación para sustituir sus cultivos y hacerlos más eficientes.

Este conflicto no ocasionó retrasos, pero resurgió en 2017, cuando la planta estaba en sus etapas finales de construcción y pruebas de operación. Grupos aislados de agricultores organizados empezaron a reclamar que la planta pondría en riesgo su actividad productiva cuando estuviera funcionando por completo, ya que el agua tratada perdería los nutrientes necesarios para el riego agrícola. Desde inicios de 2018, cuando la planta ya estaba operando, los grupos de agricultores iniciaron acciones más frecuentes y mejor organizadas en su contra. Algunos de ellos exigían la cancelación total del proyecto. Estos movimientos se intensificaron durante la segunda mitad del año. A pesar de lo anterior, el gobierno federal no se ha pronunciado al respecto de estos conflictos locales, ni del proyecto, por lo que la planta sigue operando sin contratiempos.

Adicionalmente, en 2015 la construcción sufrió retrasos adicionales, ocasionados por dos conflictos sociales no previstos:

- 1.** Entre diciembre de 2015 y junio de 2016, autoridades del municipio de Atotonilco de Tula, clausuraron parcialmente las obras, ya que reclamaban adeudos millonarios por permisos no pagados por el inversionista proveedor a las administraciones municipales anteriores. Aunque la disputa llegó a tribunales, el conflicto fue solucionado a través del diálogo y la construcción siguió adelante, pero se ocasionó un retraso de 6 meses.
- 2.** En ese mismo año, surgieron diferencias entre el inversionista proveedor y



algunos dueños de terrenos aledaños a la planta, ocasionados por diferencias en los límites prediales de sus propiedades. Los inconformes bloquearon temporalmente las entradas a la planta como protesta, lo que ocasionó retrasos adicionales en su construcción.

¿Qué Resultados se esperan?.....

A la fecha existen pocos resultados cuantitativos en cuanto a la operación de la PTAR Atotonilco. Los logros más relevantes del proyecto, que tienen que ver con su impacto social y ambiental, aún no pueden ser cuantificados.

Lo anterior se debe a que la planta inició su periodo de operación de manera oficial en diciembre de 2017, y por lo corto del plazo, aún no existe información en cuanto a la reducción de enfermedades, el incremento de la productividad agrícola, o la disminución de la contaminación en la zona de influencia. La siguiente tabla resume los principales indicadores del proyecto.

Indicadores de la PTAR Atotonilco

Indicador	Planeado	Observado
Cobertura de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de México	Hasta 60% 11.3% en 2009	60%
Costo de construcción	US\$ 789 millones	US\$ 787 millones
Tiempo de construcción	3 años	8 años
Agua regenerada	1,000 millones de m ³ anuales	ND
Eliminación de basura	100 mil toneladas anuales	ND
Eliminación de la contaminación fecal del agua	99.9%	ND
Eliminación de materia orgánica del agua	83% – 88%	ND
Eliminación de materia suspendida en el agua	83% – 84%	ND
Generación de Biogás	90 millones Nm ³ /año	ND
Generación de Energía Eléctrica	197 GWh anuales (81% de lo requerido)	ND



Reducción de emisiones de CO ₂ e	400,000 toneladas anuales	ND
Producción de lodos	2.3 toneladas diarias	ND

Fuentes: CONAGUA. 2018 y 24 de octubre de 2012. Aguas Tratadas del Valle de México. Presentación y Harvard University 2016.

Otros resultados importantes que se esperan son la recarga del manto acuífero del Valle del Mezquital, la reducción de la contaminación de los ríos y manantiales de la zona, la diversificación de los cultivos al levantarse las restricciones de riego con el agua tratada por la planta y la intensificación del riego por goteo, que hace más eficiente el uso del agua.

¿Qué Lecciones se Aprendieron?.....

La primera lección que deja el proyecto tiene que ver con la importancia de asignar a los proyectos APP objetivos que van más allá de la eficiencia técnica o financiera en su ejecución y operación. El objetivo principal de los proyectos APP debe ser la mejora de la calidad de vida de la población, sin importar el sector en el que se desarrollen.

El caso de la PTAR Atotonilco refleja que los objetivos sociales y de mejora del medio ambiente fueron una prioridad para el proyecto, desde el momento de su diseño. Inclusive, muchas de las mejoras que se le hicieron, tuvieron el fin de incrementar la seguridad de la planta (almacenamiento más seguro del biogás), y su eficiencia para generar energía o reducir su consumo de agua potable. La comunicación correcta y oportuna de los beneficios de los proyectos APP es la segunda lección que deja la PTAR Atotonilco. Como ya fue explicado, gracias a los programas de acercamiento, información y capacitación que se diseñaron y se pusieron en marcha desde el inicio del proyecto, se evitó un conflicto social con los agricultores locales durante la etapa de construcción.

La tercera lección implica que la correcta participación del sector público es crucial en el éxito de grandes proyectos APP, ya que incentiva la participación del sector privado y brinda certidumbre a los inversionistas. En este caso de estudio, el gobierno mexicano estuvo involucrado en cada etapa y fue de gran relevancia su aportación a fondo perdido de la mitad de los recursos para la construcción, hecho que representa una excepción que no tenía precedentes hasta ese momento, ya que el FONADIN solamente aportaba hasta el 40%.

El papel jugado por el gobierno y su inversión en el proyecto, generaron el clima



idóneo para que se llevara a cabo un proceso ágil y transparente de licitación internacional, y que el proyecto se adjudicara a un consorcio con amplia y probada experiencia en diseñar, construir, equipar y operar infraestructura hidráulica.

La solidez de las instituciones públicas puede incrementar la probabilidad de éxito de los proyectos APP, sobre todo los de largo plazo. Esta es la cuarta lección aprendida de la PTAR Atotonilco, ya que el proyecto se diseñó y construyó en un periodo largo de tiempo (9 años y medio), durante el cual sufrió modificaciones, mejoras y retrasos. Adicionalmente, en México gobernaron dos presidentes de distintas ideologías y partidos políticos durante este lapso. A pesar de todo ello, el proyecto se construyó y actualmente está operando con especificaciones superiores a las originalmente diseñadas.

Si las instituciones encargadas de promover y supervisar la ejecución del proyecto hubieran carecido de la solidez necesaria para dar el seguimiento adecuado y de perseguir los objetivos planteados desde el inicio, difícilmente se hubiera logrado que el presupuesto inicial, elaborado en 2009, hubiera sido suficiente para finalizar la construcción y todas sus mejoras. A esto hay que agregar el adecuado marco regulatorio en materia de APPs que ya se había desarrollado en México desde los años 1950.

Referencias Bibliográficas

- Agua.org.mx. 30 de junio de 2016. "**Tula: Retiran clausura a PTAR de Atotonilco**". Prensa. <https://agua.org.mx/tula-retiran-clausura-a-ptar-de-atotonilco/>
- Aguas Tratadas del Valle de México. "**Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco: La Apuesta de Sustentabilidad en México**". Presentación. http://www.ceajalisco.gob.mx/sites/MicrositioCAA/wp_foro/wp-content/uploads/2018/03/9-PTAR-Atotonilco-ATLATEC-José-Luis-Cervantes.pdf
- "**Banco Interamericano de Desarrollo – 360° Infrastructure Awards 2016**". Portal de internet. <https://research.gsd.harvard.edu/infrastructure360/awards-2016/>
- Banco Mundial. 2018. "**Wastewater: From Waste to Resource. The Case of Atotonilco de Tula, Mexico**". Water Global Practice. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/922441521175520658/pdf/124331-WP-19-6-2018-13-5-41-W.pdf>
- Bello, Jesica. 2016. "**Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco. México**". Zofnass Program for Sustainable Infrastructure. Graduate School of Design. Harvard University. Parte del programa Harvard-Zofnass dirigido por el Dr. Andreas Georgoulas por iniciativa del BID para propósitos de investigación y educación. https://research.gsd.harvard.edu/zofnass/files/2016/08/05_Atotonilco_SP_FinalDocument.pdf
- CONAGUA. Septiembre de 2012. "**Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco. Contrato No. GAPDS-GFOO-DFMEXHGO-10-001-LPI. Memoria Documental**". <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/MEMORIAS%20DOCUMENTALES/Memoria%20Documental%20Planta%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20de%20Atotonilco.pdf>
- CONAGUA. 24 de octubre de 2012. "**Obras de saneamiento y reúso de aguas residuales en el Valle de México Avances y tareas pendientes**". Documento presentado en el Congreso Nacional de la Industria de la Cal 2012, por Ernesto Espino de la O, de CONAGUA. http://anfagal.org/media/Eventos/PRESENTACIONES_DEL_EVENTO_CONACAL_2012/ANFACAL,%20Oct.%202012,%20E.%20Espino.pdf
- CONAGUA. 2018. "**Libro Blanco. Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco**". https://files.conagua.gob.mx/transparencia/documentos/Proyecto_Construccion_Equipamiento.pdf

- Criterio Hidalgo. 29 de noviembre de 2018. "**Exigen cierre de planta tratadora en Atotonilco de Tula**". Prensa. <https://www.criteriohidalgo.com/destacado/exigen-cierre-de-planta-tratadora-en-atotonilco-de-tula>
- El Universal. 14 de marzo de 2016. "**Frena corrupción la Planta de Atotonilco**". Prensa. <https://www.eluniversal.com.mx/entrada-de-opinion/articulo/jose-luis-luege-tamargo/metropoli/df/2016/03/14/frena-corrupcion-la>
- **Global Water Awards 2011**. <https://globalwaterawards.com/2011-winners/>
- Global Water Intelligence. 2011. "**Focusing on Performance. Global Water Summit 2011**". https://www.globalwaterintel.com/client_media/uploaded/Conference%20book%202011_Focusing_on_performance_72%20pixels%20per%20inch.pdf
- Grupo Dimasa. 6 de junio de 2016. "**La PTAR Atotonilco, gracias a Dimasa, recibe el premio infraestructura 360**". Prensa. <http://www.dimasagrupo.com/ptar-atotonilco-aportacion-clave-dimasa-grupo-recibe-premio-infraestructura-360>
- Johnson, Michelaina. 2014. "**The River of Revenge: The Tension Between Farmers and the Federal Government in the Tula Valley, Mexico, 1992-2014**". University of California at Berkeley. <https://escholarship.org/uc/item/00q8z132>
- Kenny, Lavanchy y Kjorstad. 2013. "**Emerging Partnerships. Top 40 PPPs in Emerging Markets**". International Finance Corporation del Banco Mundial, Infrastructure Journal y PPIAF. <http://documents.worldbank.org/curated/en/735231468162282764/Emerging-partnerships-top-40-public-private-partnerships-PPPs-in-emerging-markets>
- Milenio. 11 de septiembre de 2018. "**Se manifiestan contra tratadora en Atotonilco de Tula**". Prensa. <https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/medioambiente/se-manifiestan-contra-tratadora-en-atotonilco-de-tula>
- Obras. 16 de octubre de 2013. "**94% de los proyectos de construcción experimentan sobre costo**". <https://obrasweb.mx/construccion/2013/10/16/94-de-los-proyectos-de-construccion-experimentan-sobrecosto>
- Periódico La Jornada. 28 de enero de 2018. "**Se pierden cultivos en el Mezquital por desabasto de aguas negras**". Prensa. <https://www.jornada.com.mx/2018/01/28/estados/023n1est#>

- Portal *iagua.es* 7 de marzo de 2011. “**ACCIONA Agua obtiene dos nominaciones en los Global Water Intelligence**”. Prensa. <https://www.iagua.es/2011/03/acciona-agua-obtiene-dos-nominaciones-en-los-global-water-intelligence>
- Portal *iagua.es* 13 de mayo de 2013. “**La Planta de Atotonilco recibe el reconocimiento internacional por su tecnología e innovación financiera**”. <https://www.iagua.es/noticias/mexico/13/05/13/la-planta-de-atotonilco-recibe-el-reconocimiento-internacional-debido-su-tecnologia-y-la-innovacion-30>
- Sinembargo.mx. 24 de abril de 2017. “**Campesinos de Hidalgo no quieren planta tratadora de agua; desechos de CdMx “tienen nutrientes”, dicen**”. Prensa. <https://www.sinembargo.mx/24-04-2017/3200268>
- Thompson & Knight. 2009. “**PTAR Atotonilco. Apéndice 6. CPS**”. Presentación proporcionada por esta compañía, que fungió como asesor legal de BANOBRAS en el proyecto.
- Watkins, Mueller, Meller, Ramírez, Serebrinski y Georgoulis. 2017. “**Lecciones de cuatro décadas de conflicto en torno a los proyectos de infraestructura en América Latina y el Caribe**”. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://webimages.iadb.org/publications/spanish/document/Lecciones-de-cuatro-décadas-de-conflicto-en-torno-a-proyectos-de-infraestructura-en-América-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- World Finance. 2013. “**Project Finance Deal of the Year Awards 2013**”. <https://www.worldfinance.com/awards/project-finance-deal-of-the-year-awards-2013>



