

Río El Salitre

INFORME FINAL

“EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA
DE LAS OBRAS PROPUESTAS DEL
PROYECTO EJECUTIVO DE
RECTIFICACIÓN DE 3.1 KM DEL RÍO
SALITRE, EN LAS INMEDIACIONES DE LA
PLANTA POTABILIZADORA LOS BERROS,
DEL SISTEMA CUTZAMALA,
ESTADO DE MÉXICO”

**COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO**

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA**

**CONVENIO DE COLABORACIÓN
NO. 2018-B04-B20-DA-15-RF-AD-A-CC-0098**

**“EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LAS OBRAS
PROPUESTAS DEL PROYECTO EJECUTIVO DE
RECTIFICACIÓN DE 3.1 KM DEL RÍO SALITRE, EN LAS
INMEDIACIONES DE LA PLANTA POTABILIZADORA LOS
BERROS, DEL SISTEMA CUTZAMALA, ESTADO DE
MÉXICO”**

INFORME FINAL

29 DE SEPTIEMBRE 2018

**COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO**

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA**

**CONVENIO DE COLABORACIÓN
NO. 2018-B04-B20-DA-15-RF-AD-A-CC-0098**

**“EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LAS OBRAS
PROPUESTAS DEL PROYECTO EJECUTIVO DE
RECTIFICACIÓN DE 3.1 KM DEL RÍO SALITRE, EN LAS
INMEDIACIONES DE LA PLANTA POTABILIZADORA LOS
BERROS, DEL SISTEMA CUTZAMALA, ESTADO DE
MÉXICO”**

INFORME FINAL

Elaboró por parte de IMTA:
M.I. José Manuel Rodríguez Varela
M.I. Oscar Jesus Llaguno Guilberto
M.A. Ana Laura Morales Musito

Revisó por parte del OCAVAM:
Ing. Marco Antonio Mut Chablé
Ing. Ramiro Gutiérrez Wood

29 DE SEPTIEMBRE 2018

Contenido

1.	RESUMEN EJECUTIVO	3
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	7
2.1	Diagnóstico de la situación actual	7
2.2	Análisis de la oferta existente	12
2.3	Análisis de la demanda actual	14
2.4	Interacción de la oferta-demanda	20
3.	SITUACIÓN SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN	24
3.1	Optimizaciones	24
3.2	Análisis de la oferta	25
3.3	Análisis de la demanda	25
3.4	Diagnóstico de la interacción oferta-demanda	28
3.5	Alternativas de solución	28
4.	SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN	38
4.1	Descripción general	38
4.2	Alineación estratégica.....	40
4.3	Localización geográfica.....	43
4.4	Calendario de actividades	45
4.5	Monto total de inversión.....	45
4.6	Fuentes de financiamiento	46
4.7	Capacidad instalada	46
4.8	Metas anuales y totales de producción	46
4.9	Vida útil	47
4.10	Descripción de los aspectos más relevantes	47
4.11	Análisis de la oferta	51
4.12	Análisis de la demanda actual	52
4.13	Interacción oferta-demanda	52
5.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	53
5.1	Identificación, cuantificación y valoración de costos del proyecto de inversión	53
5.2	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto de inversión	54
5.3	Indicadores de rentabilidad.....	55
5.4	Análisis de sensibilidad	56

5.5 Análisis de riesgos	58
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
7. ANEXOS	61
8. BIBLIOGRAFÍA	62

EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LAS OBRAS PROPUESTAS EN EL PROYECTO EJECUTIVO DE RECTIFICACIÓN DE 3.1 KM DEL RÍO EL SALITRE, EN LAS INMEDIACIONES DE LA PLANTA POTABILIZADORA LOS BERROS, DEL SISTEMA CUTZAMALA, ESTADO DE MÉXICO”

El estudio consiste en una evaluación del proyecto *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México* el cual se encuentra a nivel de preinversión, y está sustentado en la información confiable y adecuada para este nivel de estudio, que permite llevar a cabo las cuantificaciones correspondientes cuando éstas sean viables a realizar.

En las especificaciones de cada una de las actividades de este estudio socioeconómico, cuando se trate de obras o proyectos ejecutivos, se estará haciendo referencia al Proyecto Ejecutivo del proyecto mencionado.

La evaluación socioeconómica se realizó de acuerdo al contenido y los lineamientos para la elaboración y presentación del análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) con fecha de publicación del día lunes 30 de diciembre de 2013 en el Diario Oficial de la Federación.

La Evaluación socioeconómica se define como la evaluación del proyecto desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, con el objeto de conocer el efecto neto de los recursos utilizados en la producción de los bienes o servicios sobre el bienestar de la sociedad. Dicha evaluación debe incluir todos los factores del proyecto, es decir, sus costos y beneficios independientemente del agente que los enfrente. Ello implica considerar adicionalmente a los costos y beneficios directos, las externalidades y los efectos indirectos e intangibles que se deriven del proyecto.

La evaluación sirve para tomar las mejores decisiones de inversión, por lo que hay que llevar un control y registro de esta viabilidad mediante los parámetros de rentabilidad dentro del presupuesto del Gobierno Federal, por lo que para dicho fin, la SHCP cuenta con la denominada Cartera de Programas y Proyectos de Inversión, la cual contiene todos los proyectos de inversión de todos los ramos del país, en donde es indispensable incorporar las evaluaciones socioeconómicas para su aprobación por parte de la Secretaría. Lo anterior con la finalidad de que la SHCP, con su aprobación, otorgue el denominado Registro en Cartera, el cual permite a las diferentes dependencias federales tramitar los recursos hacia los proyectos de inversión.

Un proyecto que presente rentabilidad negativa quiere decir que de llevarse a cabo su realización, no deberá de contar con la aplicación de recursos de los diferentes programas Federales.

Para elaborar una evaluación socioeconómica es necesario identificar todos los efectos que producirá el proyecto o programa de inversión (proyecto de inversión) en caso de que se ejecute, con el fin de determinar si es socialmente rentable, es decir, que los beneficios para la sociedad sean mayores que los costos de su realización.

El objetivo es hacer eficiente el gasto público, disminuyendo la incertidumbre por medio de estudios y evaluaciones, lo que conlleva a invertir en proyecto de inversión que generen mayor bienestar para la población.

En los lineamientos de la SHCP se establece los tipos de evaluaciones socioeconómicas que serán aplicables a los programas y proyectos de inversión que consideren realizar las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal:

- Ficha técnica;
- Análisis costo-beneficio simplificado;
- Análisis costo-beneficio;
- Análisis costo-eficiencia simplificado, y
- Análisis costo-eficiencia
- Del análisis costo-beneficio

A continuación se detallará la evaluación *Análisis costo-beneficio*, la cual será la que se considerará para evaluar las obras propuestas para la rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México.

La estructura de la evaluación Análisis costo-beneficio es la siguiente:

- Resumen Ejecutivo
- Situación actual del proyecto de inversión
- Situación sin el proyecto de inversión
- Situación con el proyecto de inversión
- Evaluación del proyecto de inversión

1. RESUMEN EJECUTIVO

En este capítulo se presenta de manera breve los análisis realizados para la evaluación socioeconómica del proyecto de *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México.*

Objetivo del proyecto de inversión:

El proyecto de interés, denominado *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México;* tiene como objetivo aumentar la capacidad de conducción de un tramo del río El Salitre, para disminuir el impacto y frecuencia de las inundaciones fluviales por desbordamiento en la zona aledaña a la Planta Potabilizadora “Los Berros”, lo anterior mediante la rectificación de 3.1 km del río y la reconstrucción de un puente vehicular que conduce a la comunidad de San Cayetano, municipio de Villa Allende.

Problemática identificada:

El río El Salitre también llamado Tilostoc perteneciente a la cuenca del río Balsas, tiene su origen en el norponiente del Estado de México y sobre su curso se ubica la Presa Villa Victoria, después de la cual fluye con dirección suroeste, durante su trayecto pasa cerca de la Planta Potabilizadora Los Berros, de la cual salen dos canales de descargas que vierten en el río El Salitre, el primero es el canal por el que se drenan las aguas resultantes del lavado de los tanques sedimentadores; mientras que el segundo es aquel por el que se desalojan los excedentes, o bien, el caudal total de la planta en caso de que falle la planta de bombeo 5.

El Frente Mazahua Desarrollo Sustentable del Cutzamala A.C., es una organización conformada en el año 2004 por habitantes del municipio de Villa de Allende, del Estado de México, después de sufrir inundaciones de 300 hectáreas de cultivo por el desbordamiento del río, la organización Mazahua atribuye las inundaciones a las descargas de la presa Villa Victoria y de la Planta potabilizadora Los Berros, ambas pertenecientes al Sistema Cutzamala.

Durante los años subsecuentes la organización ha reclamado a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) indemnizaciones por daños a sus cultivos, invernaderos y tanques piscícolas, debidos a los desbordamientos del río El Salitre. El último evento por el cual solicitan indemnizaciones ocurrió a fines de septiembre de 2015.

La CONAGUA realizó un estudio para analizar las condiciones actuales del río y determinar las causas de las inundaciones, proponer diferentes alternativas de solución y definir la más adecuada.

Para dar solución a la problemática planteada es necesario la rectificación de un tramo de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, que corresponde a la zona afectada. Dicho tramo comienza 100 m aguas arriba de la confluencia con el canal de descarga de los tanques sedimentadores de la planta potabilizadora, y

termina aproximadamente 100 m aguas abajo del puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano.

Descripción del proyecto de inversión:

El proyecto consiste en una rectificación con sección tipo trapecial con 5.20 m de base, 3.40 metros de altura y taludes a 45° por 3.1 km del río El Salitre, iniciando 100 m aguas arriba de la confluencia con el canal de descarga de los tanques sedimentadores de la planta potabilizadora, terminando aproximadamente 100 m aguas abajo del sitio donde se ubica el puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano, así como la reconstrucción del mismo.

Para el puente se propone una estructura tipo cajón, conformado por: muros, tablero, capa de rodadura (que fungirá como vía de circulación de los automóviles), losa de cimentación y traveses de concreto reforzado. La estructura tiene 3.60 m de altura.

La rectificación se divide principalmente en dos tramos: el primero, del cadenamiento 0+000 al 1+000, tiene una pendiente de 0.0018, fondo de concreto y taludes de colchón de gavión; el segundo, del 1+000 al 3+020, tiene una plantilla de 0.008 y recubrimiento de concreto.

Adicionalmente, se plantea un tramo de transición entre el tramo rectificado y el de aguas abajo, para lo cual se propone un tramo de 40 m con fondo móvil y un tramo de 60 m sin revestimiento, con el fin de disminuir gradualmente la velocidad del flujo y evitar la erosión del cauce al final de la rectificación.

Horizonte de Evaluación: Se considera un horizonte de evaluación de un periodo de 30 años.

Descripción de los principales costos del proyecto de inversión:

El costo total del proyecto de inversión se calcula en \$53,609,033.32 más IVA, a precios de 2018. El desglose de este monto se presenta en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Monto total de la inversión

No.	Concepto	Importe
1	Rectificación del río El Salitre, tramo de 3.1 km, desde 100 m aguas arriba de la confluencia con el canal de descarga de los tanques sedimentadores de la PPB, hasta 100 m aguas abajo del puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano.	\$ 52,784,178.86
2	Puente ubicado en el cadenamiento 3+000	\$728,413.31
3	Estructura de transición, cadenamiento 2+960	\$96,441.15
	Subtotal	\$53,609,033.32

No.	Concepto	Importe
	IVA	\$8,577,445.33
	Total	\$62,186,478.66

Descripción de los principales beneficios del proyecto de inversión:

Disminuir la frecuencia de los desbordamientos del río El Salitre, así como los impactos de las inundaciones que se generan en la zona aledaña a la Planta Potabilizadora Los Berros.

Beneficios cuantificables

Los beneficios del proyecto se obtienen principalmente por:

- El ahorro del pago de indemnizaciones por daños a las zonas agrícolas aledañas provocados por las inundaciones dadas al desbordamiento del río El Salitre, ya que, con la ejecución y operación del proyecto se espera incrementar la capacidad de conducción de 3.1 km del río El Salitre, alcanzando en promedio una conducción máxima de 58 m³/s.

Beneficios intangibles

- Disminución de manifestaciones por reclamo de daños del movimiento social Mazahua.
- Habilitación de circulación al no generarse bloqueos de calles ante manifestaciones.
- Aseguramiento de abastecimiento de agua al tener disponible el material necesario para la potabilización del agua.

Monto de inversión (con IVA):

El importe total de la obra propuesta para la solución de la problemática es de \$62,186,478.66

Riesgos asociados al proyecto de inversión:

Los riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto de inversión se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1.2 Riesgos asociados al proyecto

Riesgo	Comentarios/Probabilidad
Incrementos significativos en el costo de inversión de las obras.	Baja. Los costos estimados se apoyan en la realización del estudio de factibilidad de las

Riesgo	Comentarios/Probabilidad
	obras, se considera que existe un nivel alto de confiabilidad en los costos.
Falta de presupuesto para la realización del proyecto.	Alto Dado a la transición del gobierno no se asigne presupuesto para proyecto.
Falta de autorización para la reconstrucción del puente vehicular.	Medio La Junta de Caminos del Gobierno del Estado de México no esté de acuerdo con la modificación del puente.
Impedimento de la ejecución del proyecto por grupos ambientalistas.	Media. Grupos ambientalistas podrían estar en contra con la modificación natural del cauce.

Indicadores financieros

Valor Presente Neto (VPN): \$52,320,348.98

Tasa Interna de Retorno (TIR): 19%

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI): 20%

Con base en la metodología establecida para la evaluación de este tipo de proyecto y en los resultados de rentabilidad del proyecto, se concluye que es conveniente la ejecución del proyecto en términos socioeconómicos, representando un beneficio de 52.3 millones de pesos, después de descontar los costos inherentes a su ejecución y operación, la tasa interna de retorno resultó de 19% superando el 10% estipulado por la SHCP.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

2.1 Diagnóstico de la situación actual

La zona urbana del Valle de México cuenta con fuentes principales para su abasto de agua potable, las cuales están compuestas por el sistema Lerma, administrado por el Gobierno de la Ciudad de México (CDMX) y el Sistema Cutzamala, administrado por la CONAGUA.

El Sistema Cutzamala es la fuente externa de abasto de agua más importante para el Valle de México. Los componentes básicos de esa infraestructura son siete presas principales con capacidad útil conjunta de 790.9 hm³ y seis plantas de bombeo; 322.3 km de conducciones primarias (205.8 km de tuberías, la mayoría de ellas de concreto reforzado; 72.5 km de canales revestidos y 44 km de túneles, incluido el túnel Analco San José), así como la *planta potabilizadora Los Berros* con capacidad de diseño de 20 m³/s para la entrega de agua en bloque al Estado de México a través de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) y a la ciudad de México a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX).

Las siete presas del Sistema Cutzamala son alimentadas de ríos localizados en los estados de Michoacán (Presas Tuxpan y El Bosque) y Estado de México (Presas Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo).

El río El Salitre-Malacatepec-San José también llamado Tilostoc, perteneciente a la cuenca del Balsas, tiene su origen en el norponiente del Estado de México y sobre su curso se ubica la Presa Villa Victoria, después de la cual fluye con dirección suroeste, durante su trayecto pasa cerca de la Planta potabilizadora Los Berros, de la planta potabilizadora salen dos canales de descargas que vierten en el río El Salitre, el primero es el canal por el que se drenan las aguas resultantes del lavado de los tanques sedimentadores; mientras que el segundo es aquel por el que se desalojan los excedentes, o bien, el caudal total de la planta en caso de que falle la Planta de Bombeo 5.

En septiembre de 2003, habitantes Mazahuas de Villa de Allende, Estado de México, sufrieron inundaciones de 300 hectáreas de cultivo por el desbordamiento del río Malacatepec proveniente de la presa de Villa Victoria, del sistema Cutzamala. Debido a este incidente, las comunidades del Salitre del Cerro, Los Berros, El Jacal, y San Isidro quedaron inundadas. Este suceso hizo que los habitantes se organizaran y exigieran a la CONAGUA el pago de indemnización por sus cultivos dañados por las inundaciones.

Los habitantes Mazahuas pertenecientes a estas comunidades iniciaron una serie de acciones colectivas y en febrero de 2004 constituyeron el Frente para la Defensa de los Derechos Humanos y Recursos Naturales del Pueblo Mazahua A.C., organización conformada por habitantes del municipio de Villa de Allende, del Estado de México.

La organización Mazahua atribuye las inundaciones a las descargas de la Presa Villa Victoria y de la Planta potabilizadora Los Berros, ambas pertenecientes al Sistema Cutzamala; el último evento por el cual solicitan indemnizaciones ocurrió a fines de septiembre de 2015, por el cual la

organización ha reclamado a la CONAGUA indemnizaciones por daños a sus cultivos, invernaderos y tanques piscícolas, debido a los daños generados por los escurrimientos de la presa de Villa Victoria que, ocasionan los desbordamientos del río El Salitre.

Mazahuas instalan plantón en planta del Sistema Cutzamala

Israel Dávila, corresponsal | lunes, 12 mar 2018 15:41



Integrantes del Frente Mazahua frente al palacio de Gobierno, en Toluca, en 2017. Foto Agencia MVT / Orisanta Espinosa.

TAGS

Mazahuas Planta potabilizadora de Berros Sistema Cutzamala

Villa de Allende, Méx. Un centenar de integrantes de Frente Mazahua en Defensa de los Recursos Naturales inició un plantón en el exterior de la planta potabilizadora de Berros, del Sistema Cutzamala, el cual ha impedido la entrada de tráilers con cloro utilizado en el saneamiento del líquido que se envía a Toluca, Ciudad de México y a municipios conurbados.

Inicio / Estados / Mazahuas del Edomex señalan daños en sus cultivos por presa

Mazahuas del Edomex señalan daños en sus cultivos por presa

Israel Dávila, corresponsal | viernes, 16 mar 2018 15:35



Mujeres mazahuas que luchan por la defensa del agua en Villa Guzmán, estado de México. Foto Agencia MVT/ activa

Fuente: <https://media.jornada.com.mx/ultimas/2018/03/12/mazahuas-instalan-planton-en-planta-del-sistema-cutzamala-7061.html>, <http://www.jornada.com.mx/ultimas/2018/03/16/mazahuas-del-edomex-senalan-danos-en-sus-cultivos-por-presa-5789.html>

Ilustración 2.1 Frente para la Defensa de los Derechos Humanos y Recursos Naturales del Pueblo Mazahua A.C.

Los daños de las inundaciones se pueden clasificar en dos categorías: tangibles e intangibles. Los daños de inundación *tangibles* se pueden expresar en valores monetarios y, a la vez, se pueden subdividir en dos tipos: efectos directos y efectos indirectos, mientras que los daños *intangibles* son poco considerados, siendo principalmente los que no tienen contacto directo con el agua y su valor monetario es difícil de asignarlo (Booij, 2004).

Los efectos indirectos de los daños tangibles están relacionados con las afectaciones en las actividades laborales y productivas, que indirectamente se ven afectadas.

Muchos daños intangibles son difíciles de cuantificar (Fonden, 2004, Cenapred, 2005), sin embargo, son relevantes en la toma de decisiones.

Muchos otros efectos intangibles no se toman en cuenta en la evaluación de proyectos, y tienen una repercusión en las actividades humanas, como: la paralización de actividades, cortes de comunicación o energía, pérdidas económicas en el sector privado y público, afectación al comercio de diferentes escalas, gastos económicos en reparaciones, limpieza general y ayudas de emergencia, conflictos de propiedad, efectos psicológicos y sociológicos, problemáticas serias de migración, epidemias y problemas de salud pública por expansión de contaminantes, corte del agua

potable, falta de abastecimiento, aguas estancadas, pérdidas de vidas humanas, tanto directas como indirectas, etc. (Ollero, 1997; Lekuthai 2001; Booij, 2004).

Daños tangibles:

Efectos directos

- Pérdidas económicas por daños a cultivos inundados
- Pagos por desazolve del río.

Efectos indirectos

- Paro de la Planta Potabilizadora Los Berros por manifestaciones del movimiento social Mazahua, reclamando por los daños ocasionados por las inundaciones.

Daños intangibles:

- Generación de manifestaciones por reclamo de daños del movimiento social Mazahua.
- Cortes de comunicación causados por bloqueos de manifestaciones
- Falta de abastecimiento de agua a la Ciudad de México, Toluca, entre otras, por el paro de la Planta Potabilizadora Los Berros por manifestantes.

En el año 2016, la CONAGUA, a través el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM), solicitó la elaboración del proyecto ejecutivo con el fin de, en primer lugar, analizar las condiciones actuales del río y determinar las causas de las inundaciones; en segundo lugar, proponer diferentes alternativas de solución, *Ver Anexo 1. Proyecto ejecutivo-Río El Salitre, Cap. 7. Análisis Hidráulico de las situaciones actuales.*

Se delimitó la zona de estudio la cual se ubica aproximadamente 14 km aguas abajo de la Presa Villa Victoria; corresponde al cauce del río El Salitre y su planicie de inundación, en el tramo que pasa cerca de la planta potabilizadora Los Berros, en esta zona se llevó a cabo el estudio de funcionamiento hidráulico de las condiciones actuales del río:

Se hicieron simulaciones en dos partes:

- Simulación del Tramo 1: De la Presa Villa Victoria a la Carretera Morelia-Toluca; con el fin de transitar los gastos generados por las cuencas tributarias de dicho tramo y emplear el hidrograma de salida de éste como hidrograma de entrada del tramo 2.
- Simulación del Tramo 2: Tramo correspondiente a la zona afectada, en las inmediaciones de la planta Los Berros, de 3.1 km de longitud. En él se ingresaron los gastos transitados en el primer tramo y los gastos de cuenca propia.

Se consideraron distintas condiciones de lluvia y de funcionamiento:

1. $Tr = 1$ año, sin considerar las descargas de presa Villa Victoria y planta potabilizadora Los Berros.

2. $Tr = 1$ año, considerando las descargas de la presa Villa Victoria y la planta potabilizadora Los Berros.
3. $Tr = 2$ años, sin considerar las descargas de presa Villa Victoria y planta potabilizadora Los Berros.
4. $Tr = 2$ años, considerando las descargas de la presa Villa Victoria y la planta potabilizadora Los Berros.
5. Sin lluvias, considerando sólo las descargas de la presa Villa Victoria y la planta potabilizadora Los Berros.

De las cinco simulaciones realizadas se concluye lo siguiente:

- El hidrograma de descarga de la Presa Villa Victoria no tiene influencia en el tramo de 3.1km del río El Salitre, dado que este caudal se regula aguas arriba. Aunque éste no es el gasto de descarga máximo de la presa, sí es un gasto registrado en un evento que ocasionó afectaciones a los cultivos de la zona en estudio.
- El tramo en estudio del río El Salitre se desborda bajo condiciones de lluvias ordinarias; es decir, para lluvias de 1 y 2 años de periodo de retorno. Por ello se recomienda que se rectifique este tramo, con el objetivo de disminuir el peligro de inundación de las zonas aledañas al río.
- La margen derecha del río es menos susceptible de desbordarse que la margen izquierda.
- El puente de mampostería ubicado en el cadenamiento 3+011 del tramo en estudio, que forma parte de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano, reduce de forma considerable el área hidráulica, lo que produce un remanso en el río y ocasiona que éste se desborde aguas arriba del puente, incluso cuando se presenta una lluvia ordinaria ($Tr = 1$ año).
- La confluencia del tributario 7, que se ubica entre el meandro del río y el puente de mampostería, también ocasiona un remanso. Esto se debe a que el eje del río El Salitre y el eje de dicho tributario forman un ángulo de 127° , de manera que el flujo que proviene del tributario ocasiona una gran pérdida de energía en el río.
- Por lo tanto, se recomienda modificar esta confluencia, de manera que el flujo del tributario se incorpore al río con mayor facilidad.

Con el fin de disminuir los daños por inundación en la zona en estudio y dado los resultados de las simulaciones se propone llevar a cabo *el proyecto de inversión de rectificación del tramo de 3.1 km del río El Salitre que corresponde a la zona afectada en las inmediaciones de la Planta Potabilizadora Los Berros*. Dicho tramo comienza 100 m aguas arriba de la confluencia con el Canal de descarga de los tanques sedimentadores de la Planta Potabilizadora Los Berros, y termina aproximadamente 100 m aguas abajo del puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano. Ver imagen Ilustración 2.2.

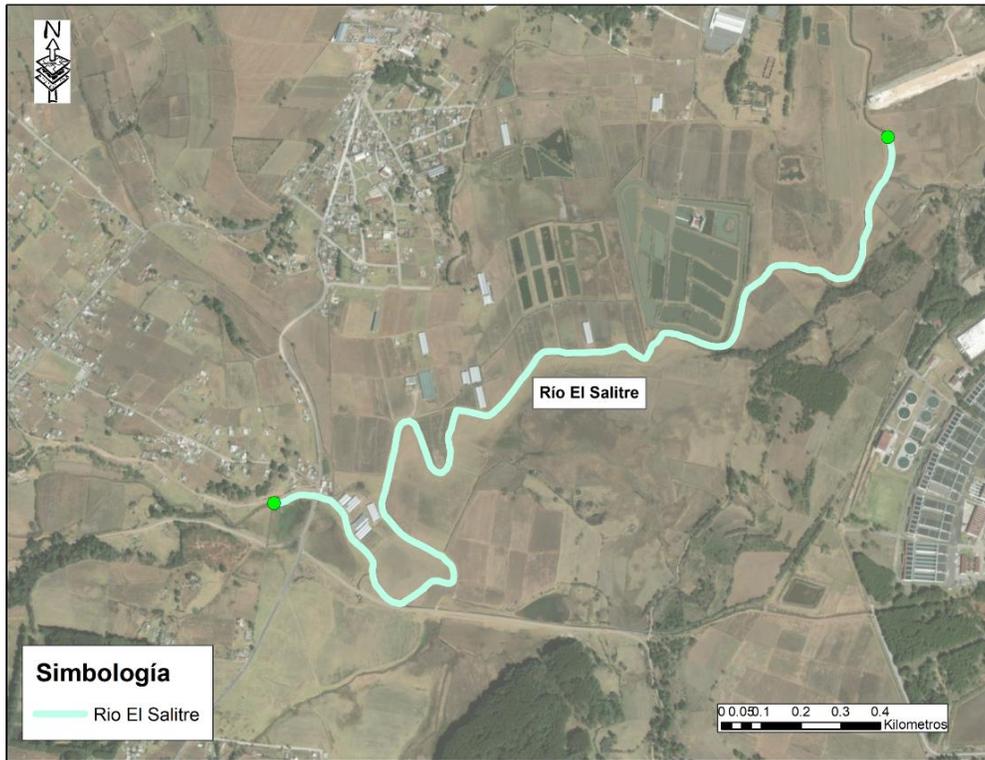


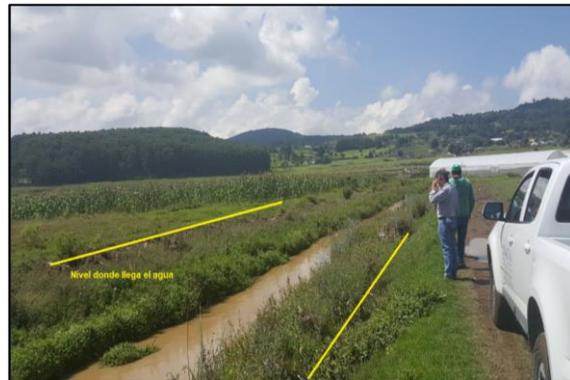
Ilustración 2.2 Localización de la zona de estudio

- **Visita de campo a la zona de estudio**

Como parte de los alcances del proyecto, personal de IMTA llevó a cabo una visita de campo a la Planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala para la identificación de zona de estudio con la finalidad de hacer un reconocimiento en la zona afecta y generar un planteamiento y obtener la información necesaria para el análisis costo-beneficio de las obras propuestas.



Inicio del tramo, 100 m aguas arriba de la confluencia del Canal de descarga de los tanques sedimentadores de la planta potabilizadora Los Berros.



Demarcación de zona inundable.



Zonas de afectación, zonas agrícolas e invernaderos, así como tanques piscícolas.



Termino del tramo, 100 m aguas abajo del puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano, Villa de Allende y puente a modificar.

Ilustración 2.3 Visita de campo

2.2 Análisis de la oferta existente

La zona afectada de inundación en las inmediaciones de la Planta potabilizadora Los Berros contempla un tramo de 3.1 km del río El Salitre, el tramo comienza 100 m aguas arriba de la confluencia con el Canal de descarga de los tanques sedimentadores de la Planta Potabilizadora Los Berros, y termina 100 m aguas abajo del puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano. Ver imagen Ilustración 2.2.

La capacidad de conducción de cada sección del río se muestra en la Tabla 2.1, para cada una de las secciones se calculó el gasto máximo permisible; es decir, el gasto máximo que cada sección de río puede conducir antes de desbordarse.

Tabla 2.1 Oferta-gasto máximo permisible (bajo la condición de flujo uniforme) por sección

CADENAMIENTO		PARÁMETROS HIDRÁULICOS										
DEL	AL	S	Q	n	y _n	b	A	P	B	Rh	V	Froud
km	km	[0]	m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m	m ²	m	m	m	m/s	[0]
0+000.00	0+100.00	0.00	47.713	0.030	2.874	0.00	24.99	15.93	0.00	1.57	1.91	0.36
0+100.00	0+200.00	0.00	18.385	0.030	1.791	0.00	12.72	12.31	0.00	1.03	1.45	0.34
0+200.00	0+300.00	0.00	14.051	0.030	1.571	0.00	10.44	11.24	0.00	0.93	1.35	0.34
0+300.00	0+400.00	0.00	27.199	0.030	2.683	0.00	16.71	13.54	0.00	1.23	1.63	0.32
0+400.00	0+500.00	0.00	72.447	0.030	3.863	0.00	33.83	18.15	0.00	1.86	2.14	0.35
0+500.00	0+600.00	0.00	40.409	0.030	3.217	0.00	22.08	15.00	0.00	1.47	1.83	0.33
0+600.00	0+700.00	0.00	31.571	0.030	3.193	0.00	20.79	18.68	0.00	1.11	1.52	0.27
0+700.00	0+800.00	0.00	29.208	0.030	2.951	0.00	18.96	16.68	0.00	1.14	1.54	0.29
0+800.00	0+900.00	0.00	38.682	0.030	3.224	0.00	21.46	14.92	0.00	1.44	1.80	0.32
0+900.00	1+000.00	0.00	46.903	0.030	3.503	0.00	26.10	18.22	0.00	1.43	1.80	0.31
1+000.00	1+100.00	0.00	18.158	0.030	2.512	0.00	13.33	12.91	0.00	1.03	1.36	0.27
1+100.00	1+200.00	0.00	18.547	0.030	2.889	0.00	16.43	12.55	0.00	1.31	1.13	0.21

CADENAMIENTO		PARÁMETROS HIDRÁULICOS										
DEL	AL	S	Q	n	y _n	b	A	P	B	Rh	V	Froud
km	km	[0]	m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m	m ²	m	m	m	m/s	[0]
1+200.00	1+300.00	0.00	15.978	0.030	2.920	0.00	15.77	14.17	0.00	1.11	1.01	0.19
1+300.00	1+400.00	0.00	17.763	0.030	3.048	0.00	16.55	13.62	0.00	1.21	1.07	0.20
1+400.00	1+500.00	0.00	15.882	0.030	3.007	0.00	16.04	14.91	0.00	1.08	0.99	0.18
1+500.00	1+600.00	0.00	21.942	0.030	3.176	0.00	20.28	16.50	0.00	1.23	1.08	0.19
1+600.00	1+700.00	0.00	18.815	0.030	2.960	0.00	17.25	13.87	0.00	1.24	1.09	0.20
1+700.00	1+800.00	0.00	19.401	0.030	3.022	0.00	17.54	13.81	0.00	1.27	1.11	0.20
1+800.00	1+900.00	0.00	23.247	0.030	3.375	0.00	20.02	14.65	0.00	1.37	1.16	0.20
1+900.00	2+000.00	0.00	17.570	0.030	3.049	0.00	16.61	13.98	0.00	1.19	1.06	0.19
2+000.00	2+100.00	0.00	23.534	0.030	3.259	0.00	20.91	16.03	0.00	1.30	1.13	0.20
2+100.00	2+200.00	0.00	21.835	0.030	3.322	0.00	19.32	14.73	0.00	1.31	1.13	0.20
2+200.00	2+300.00	0.00	23.661	0.030	3.268	0.00	20.32	14.81	0.00	1.37	1.16	0.21
2+300.00	2+400.00	0.00	21.233	0.030	3.073	0.00	18.88	14.48	0.00	1.30	1.12	0.20
2+400.00	2+500.00	0.00	20.261	0.030	3.156	0.00	18.23	14.23	0.00	1.28	1.11	0.20
2+500.00	2+600.00	0.00	24.474	0.030	3.014	0.00	20.74	14.81	0.00	1.40	1.18	0.22
2+600.00	2+700.00	0.00	20.119	0.030	2.994	0.00	23.38	26.80	0.00	0.87	0.86	0.16
2+700.00	2+800.00	0.00	21.855	0.030	3.286	0.00	25.19	28.53	0.00	0.88	0.87	0.15
2+800.00	2+900.00	0.00	19.956	0.030	3.205	0.00	23.21	26.65	0.00	0.87	0.86	0.15
2+900.00	3+000.00	0.00	16.313	0.030	2.977	0.00	21.03	28.17	0.00	0.75	0.78	0.14
3+000.00	3+100.00	0.00	11.074	0.030	2.574	0.00	17.32	31.01	0.00	0.56	0.64	0.13

El promedio del gasto máximo permisible en cada sección es de 25.10 m³/s; sin embargo, dicho gasto medio sólo puede transitar en el primer kilómetro del cauce (exceptuando las secciones 0+100 y 0+200). A partir del cadenamamiento 1+000 la capacidad del cauce se reduce a un promedio de 19.60 m³/s.

Este análisis preliminar permite identificar que el tramo más conflictivo es del cadenamamiento 1+000 al 3+000, donde las condiciones del cauce limitan el flujo del caudal.

El río El Salitre recibe incorporaciones de descargas de los tanques sedimentadores y aguas claras de la planta potabilizadora Los Berros y de tanques piscícolas, (ver Tabla 2.2), en la Ilustración 2.4 se puede visualizar las incorporaciones que desembocan y por qué margen.

Tabla 2.2 Características de las incorporaciones del río El Salitre

No.	DESCRIPCIÓN	CONFLUYE EN	MARGEN
1	Canal de descarga de los tanques sedimentadores de la planta potabilizadora Los Berros.	0+100 - 0+120	Izquierda
2	Canal que drena los tanques piscícolas	1+060 - 1+080	Derecha
3	Canal que drena los tanques piscícolas	1+960 - 1+980	Derecha
4	Tributario 10	2+400 - 2+420	Izquierda
5	Canal de descarga de los tanques de aguas claras de la planta potabilizadora Los Berros.	2+640	Izquierda
6	Tributario 7	2+960 - 2+980	Derecha

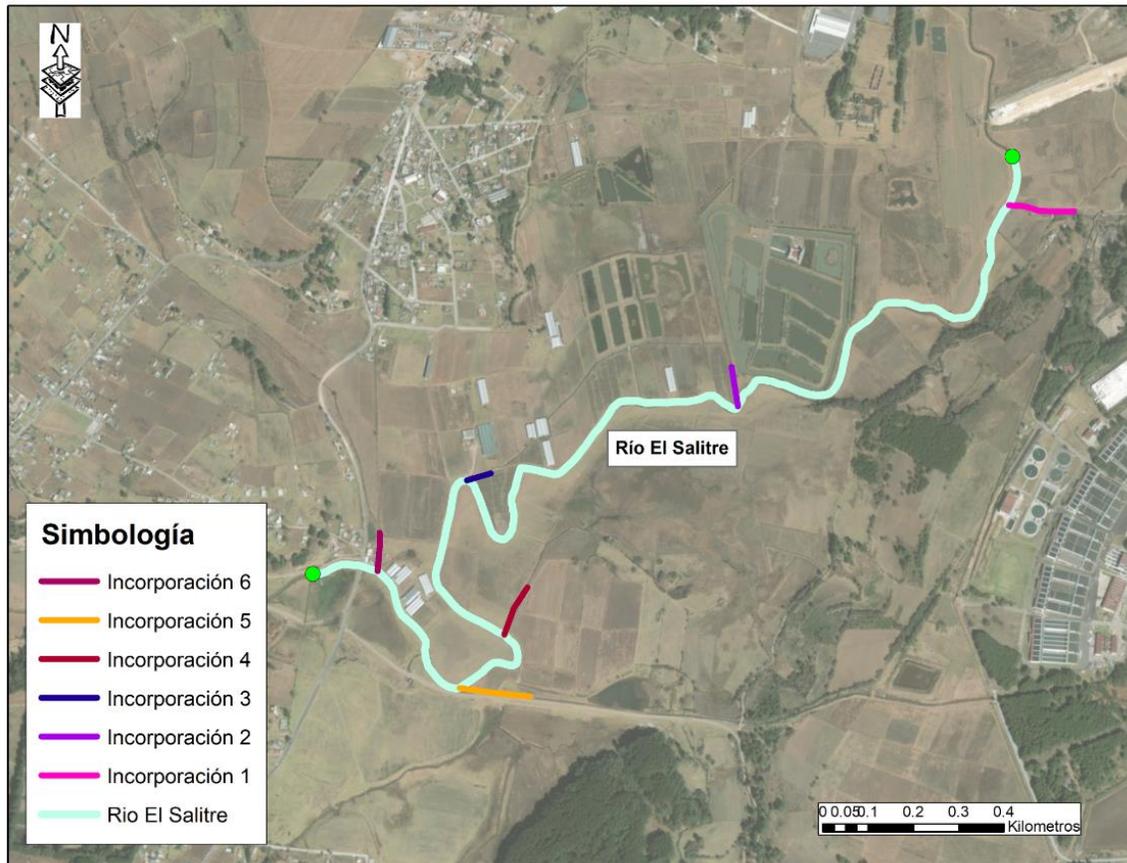


Ilustración 2.4 Incorporaciones del río El Salitre.

2.3 Análisis de la demanda actual

La demanda actual de los servicios se calcula en función del análisis de las cuencas de aportación, las cuales se definen como aquellas áreas de terreno donde el agua de lluvia que cae sobre la superficie no se filtra y debe ser conducida hasta un punto de salida, en este caso el río El Salitre.

La delimitación de la cuenca de aportación se realizó a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0), el cual es un modelo digital de elevaciones (MDE) con una resolución

(horizontal) de 15 m que proporciona las elevaciones de cualquier punto del Territorio Nacional en metros (enteros) elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

En la Ilustración 2.5 se muestra el CEM que abarca la cuenca en estudio, en ella se observa la ubicación de la planta potabilizadora Los Berros y de la Presa Villa Victoria.

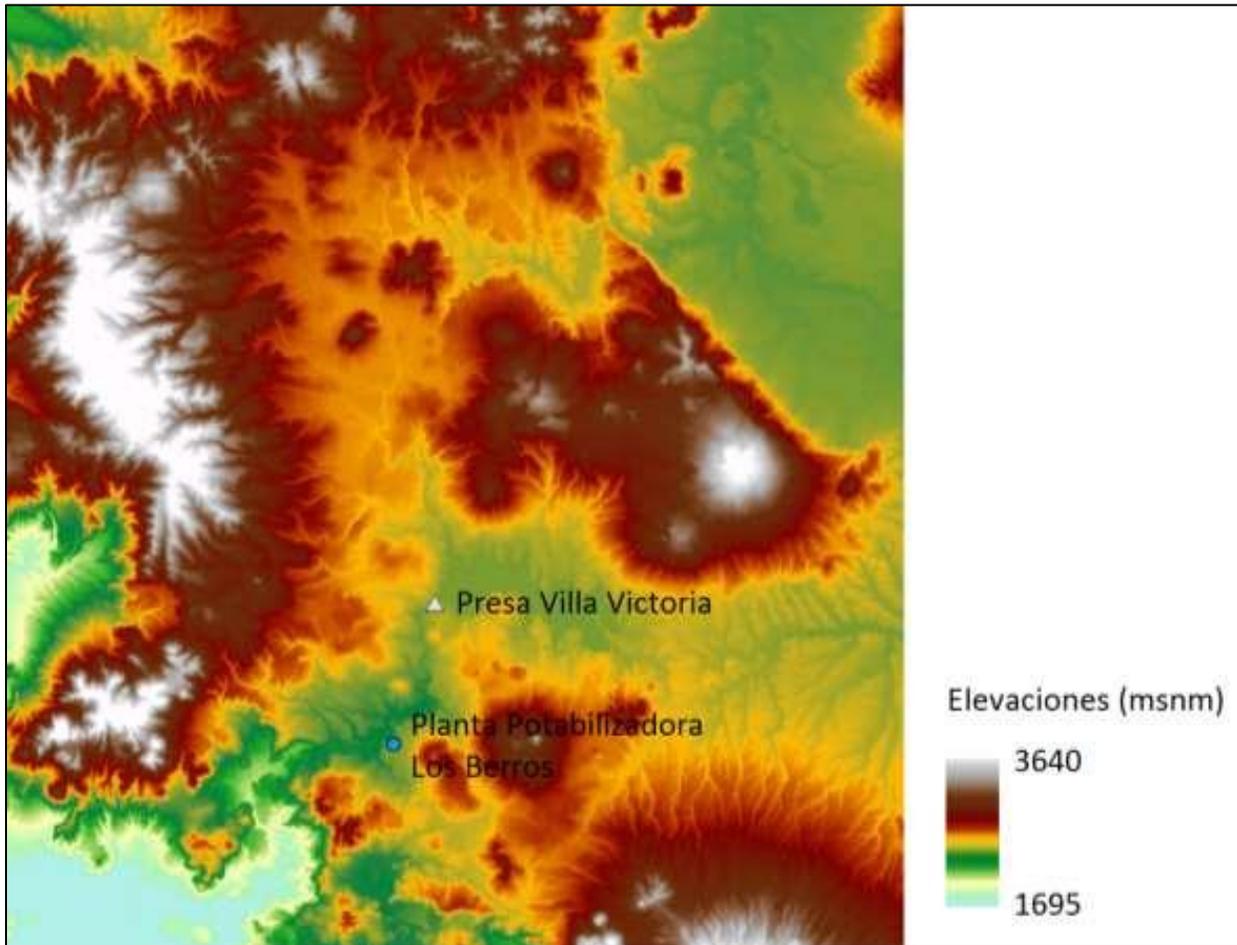


Ilustración 2.5 Modelo digital de elevaciones de la zona de estudio.

Fuente: Continuo Elevaciones Mexicano (2013).

Se definió la red de drenaje y la cuenca con apoyo de un sistema de información geográfica (ArcGIS 10.1) de la zona de estudio, donde se ubica la presa Villa Victoria; obra que ha modificado el comportamiento hidrológico de la cuenca (Ilustración 2.6), con el fin de considerar por un lado los hidrogramas de salida de la presa y, por otro, los hidrogramas de cuenca propia generados aguas abajo de ella.

Dado que las características del cauce y de su comportamiento no cumplen con las condiciones de flujo uniforme, se realizó un análisis detallado de flujo no permanente con apoyo de la aplicación MIKE 11.



Ilustración 2.6 Cuencas de aportación de la presa Villa Victoria y de la zona de estudio.

Para el cálculo de la demanda actual se hizo la simulación Tr 1 incluyendo el tramo levantado del canal de descarga de los sedimentadores y el canal que drena a la zona de los tanques piscícolas. Se consideraron distintas condiciones de lluvia y de funcionamiento:

- Tr = 1 año, sin considerar las descargas de Presa Villa Victoria y la Planta Potabilizadora Los Berros.
- Tr = 1 año, considerando las descargas de la Presa Villa Victoria y la Planta Potabilizadora Los Berros.

Los gastos máximos que transitan por el cauce sin considerar las descargas son de aproximadamente $17.5 \text{ m}^3/\text{s}$, en el tramo 0+000 a 2+640; mientras que en el tramo 2+640 a 3+100 son de $22.9 \text{ m}^3/\text{s}$, el valor del gasto máximo promedio es de $22.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Al considerar las descargas de la presa y la planta los gastos máximos son $17.8 \text{ m}^3/\text{s}$, en el tramo 0+000 a 2+640; mientras que en el tramo 2+640 a 3+100 son de $27.4 \text{ m}^3/\text{s}$, el valor del gasto máximo promedio es de $34.2 \text{ m}^3/\text{s}$. La diferencia entre las simulaciones con y sin descargas es de aproximadamente $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$. En el Anexo 2 se muestran los caudales máximos transitados en cada tramo.

En la Ilustración 2.7 se muestra el resultado de la simulación del río El Salitre sin lluvias, considerando las descargas, y en la Ilustración 2.8 se muestran las simulaciones del río en un periodo de retorno de un año con y sin descargas.

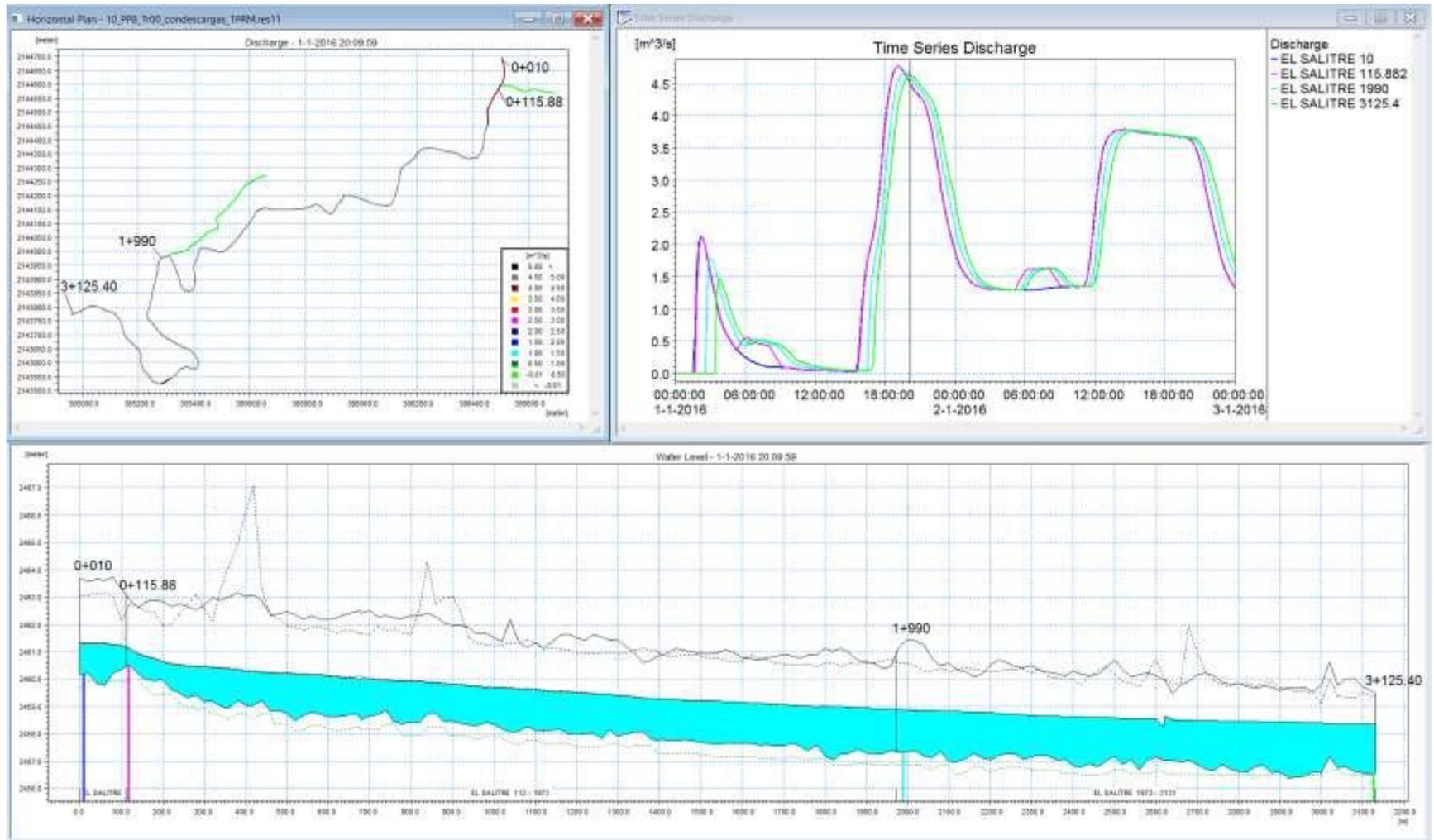


Ilustración 2.7 Simulación del río El Salitre sin lluvias, con descargas.

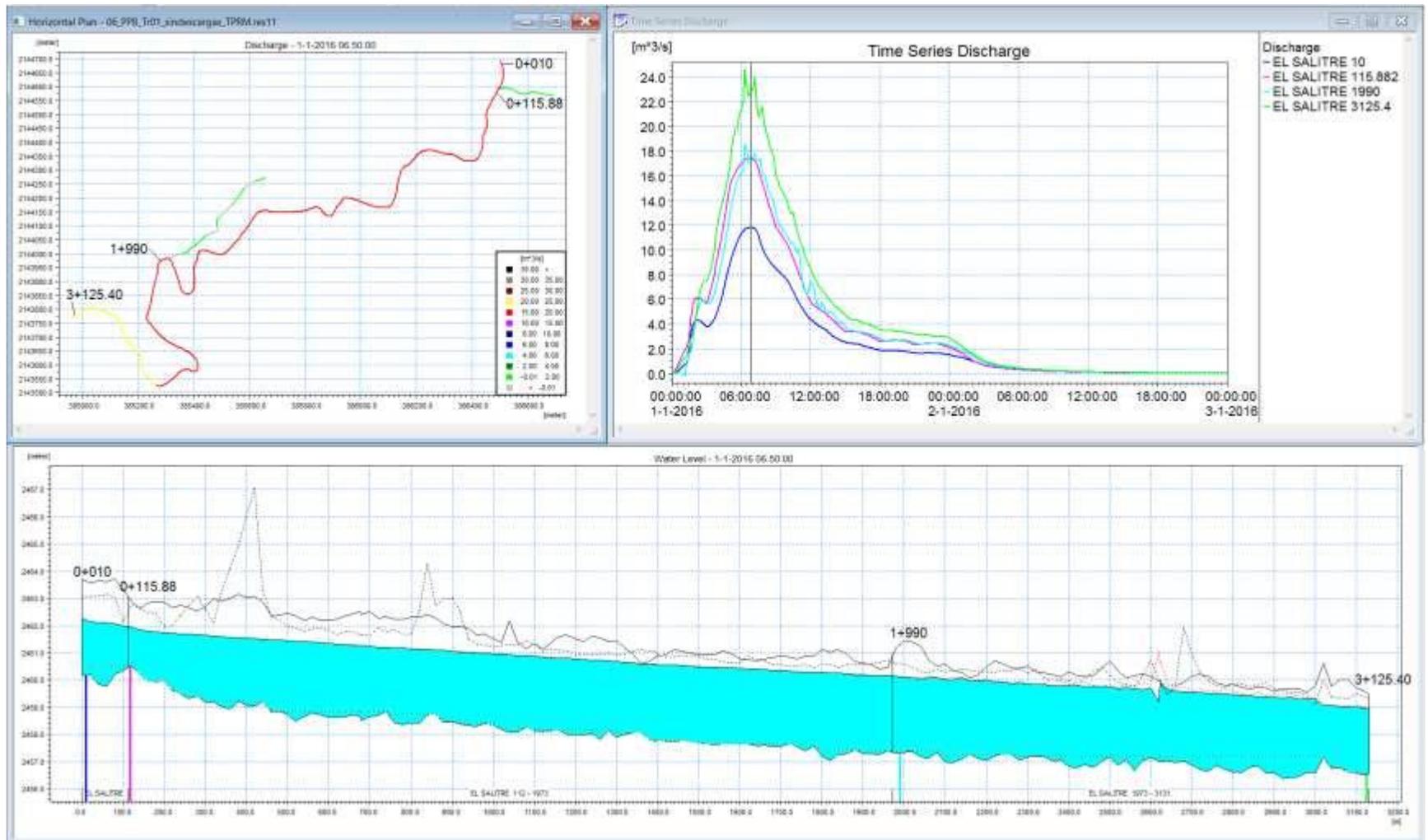


Ilustración 2.8 Simulación del río El Salitre $T_r = 1$ año, sin descargas.

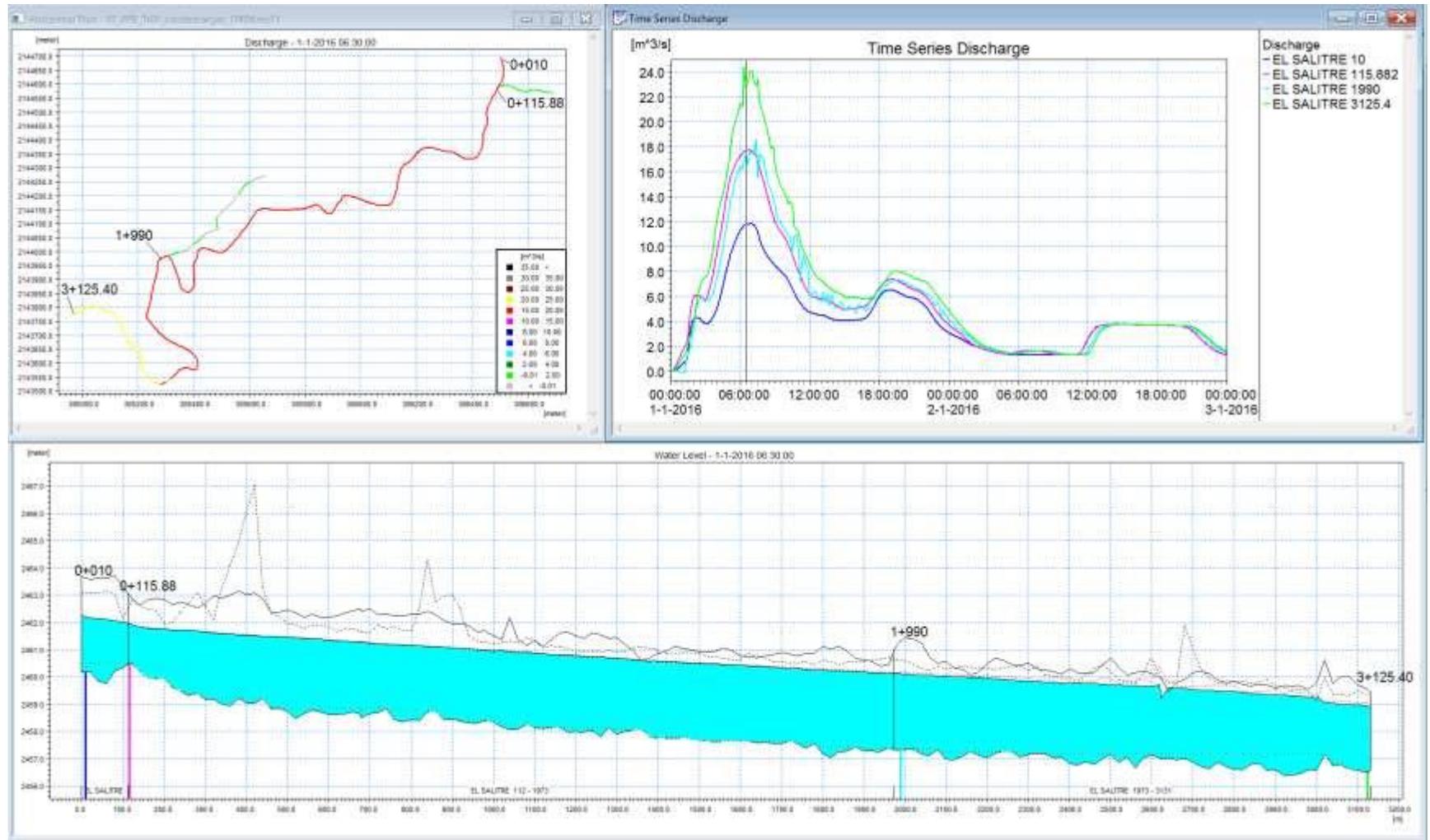


Ilustración 2.9 Simulación del río El Salitre Tr = 1 año, con descargas.

2.4 Interacción de la oferta-demanda

En la Tabla 2.3 se puede observar la interacción de la oferta y la demanda actual considerando las descargas de la Presa Villa Victoria y la Planta Potabilizadora Los Berros y sin considerar.

Tabla 2.3 Interacción de la oferta –demanda de la situación actual

Interacción	Promedio de gastos máximos que transitan en el cauce m ³ /s	Interacción	Promedio de gastos máximos que transitan en el cauce m ³ /s
Oferta actual existente	25.10	Oferta actual existente	25.10
Demanda actual: sin descargas de la PVV y PPB	22.9	Demanda actual: considerando las descargas de la PVV y PPB	34.2
Superávit	2.2	Déficit	-9.1

PVV: Presa Villa Victoria

PPB: Planta Potabilizadora Los Berros

En los perfiles anteriores (Ilustración 2.8 e Ilustración 2.9), excepto en el que no se considera la lluvia (Ilustración 2.7), se observa que el río El Salitre se desborda bajo las condiciones consideradas.

Derivado del análisis comparativo entre las elevaciones de los hombros del cauce y el nivel del agua máximo en la Tabla 2.4 y Tabla 2.5 se indican los tramos que se desbordan y por qué margen (el análisis completo se puede consultar en *el Anexo G2 del Proyecto ejecutivo de rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la Planta Potabilizadora Los Berros, del Sistema*).

Tabla 2.4 Cadenamiento en los que se desborda el río Tr = 1 año, sin descargas

DESDE	HASTA	MARGEN
180	220	izquierda
1000	-	izquierda
3000	-	ambas

Tabla 2.5 Cadenamiento en los que se desborda el río Tr = 1 año, con descargas

DESDE	HASTA	MARGEN
180	220	
1000	-	izquierda
1360	1380	derecha
1560	-	derecha
2420	-	izquierda
2940		izquierda
2980	3000	ambas

Con las lluvias correspondientes a un periodo de retorno de un año, si no se consideran las descargas de la Presa Villa Victoria y la planta potabilizadora Los Berros, el río se desborda en seis puntos (secciones definidas a cada 20 metros y cada margen se considera como un punto); al introducir los gastos generados en la Presa Villa Victoria y la planta potabilizadora los Berros, el río se desborda en 13 puntos.

En la Tabla 2.6 se indican tanto el número de secciones que se desbordan bajo cada condición, como

cuál es la mayor diferencia que se presenta entre el nivel máximo del agua y la elevación del bordo, en cada margen.

Tabla 2.6 Resumen de puntos en los que se desborda el río

	Tr = 1 año, sin descargas		Tr = 1 año, con descargas	
	MI	MD	MI	MD
Número de secciones en las que se desborda el río	5	1	8	5
Diferencia máxima entre el nivel máximo del agua y el bordo (m)	0.21	0.07	0.24	0.17

MI: Margen izquierda

MD: Margen derecha

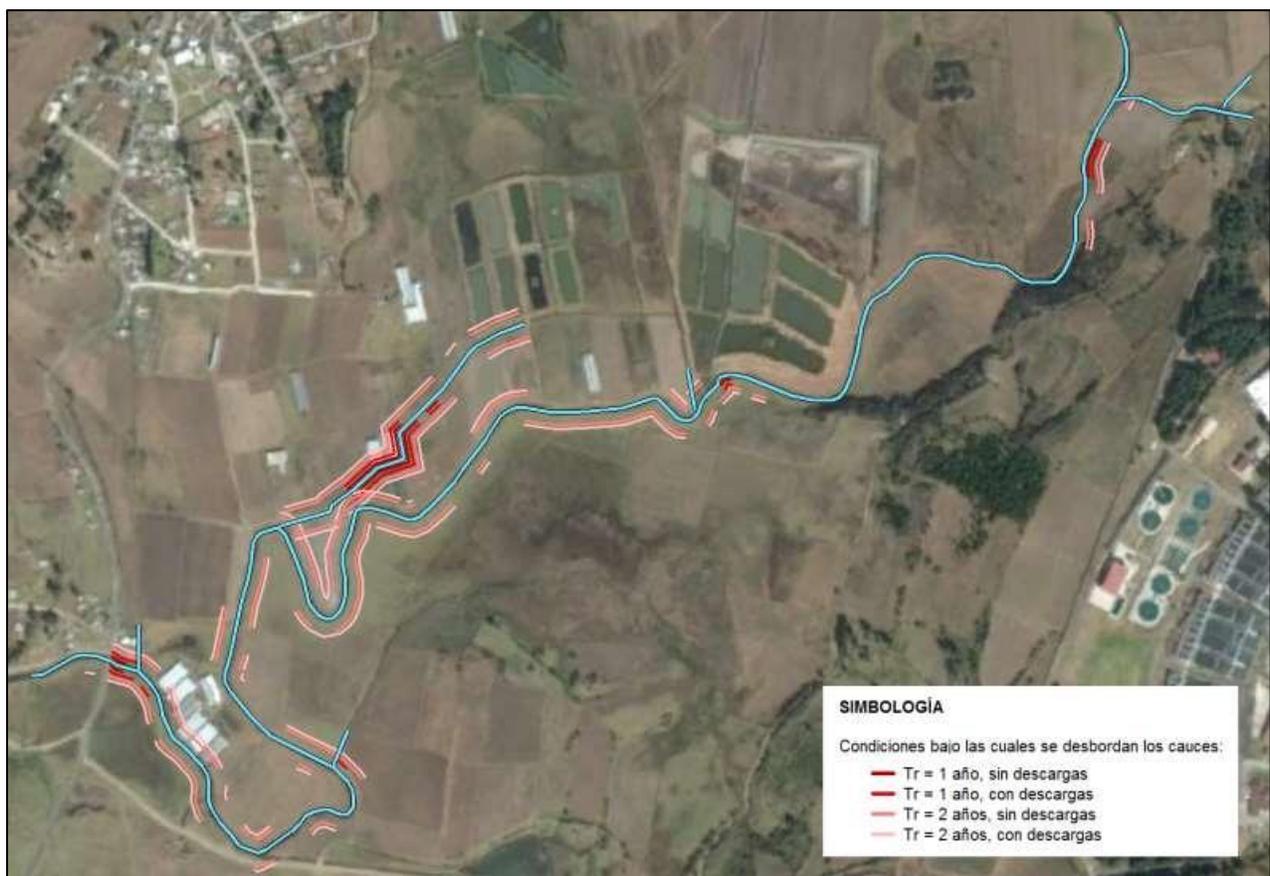


Ilustración 2.10 Tramos en los que se desbordan el río El Salitre

Dado a estos desbordamientos del río El Salitre se producen inundaciones que tienen graves impactos en las localidades aledañas al cauce, provocándoles pérdidas económicas dado a las inundaciones de sus parcelas, estas localidades se muestran a continuación.

Tabla 2.7 Población de localidades afectadas

Localidad	Población total
San Isidro	696
Los Berros	1,383
Mesas de San Martín	422
San Felipe Santiago	3,322
Soledad El Salitre (El Salitre)	344
Total	6,167

Fuente: INEGI 2010

El OCAVM realizó un levantamiento topográfico de las zonas afectadas por las inundaciones por el desbordamiento del río El Salitre, para corroborar la superficie de las parcelas y calcular el área total real afectada considerando la delimitación de zona federal del río, ver *Anexo 3. Levantamientos topográficos.*

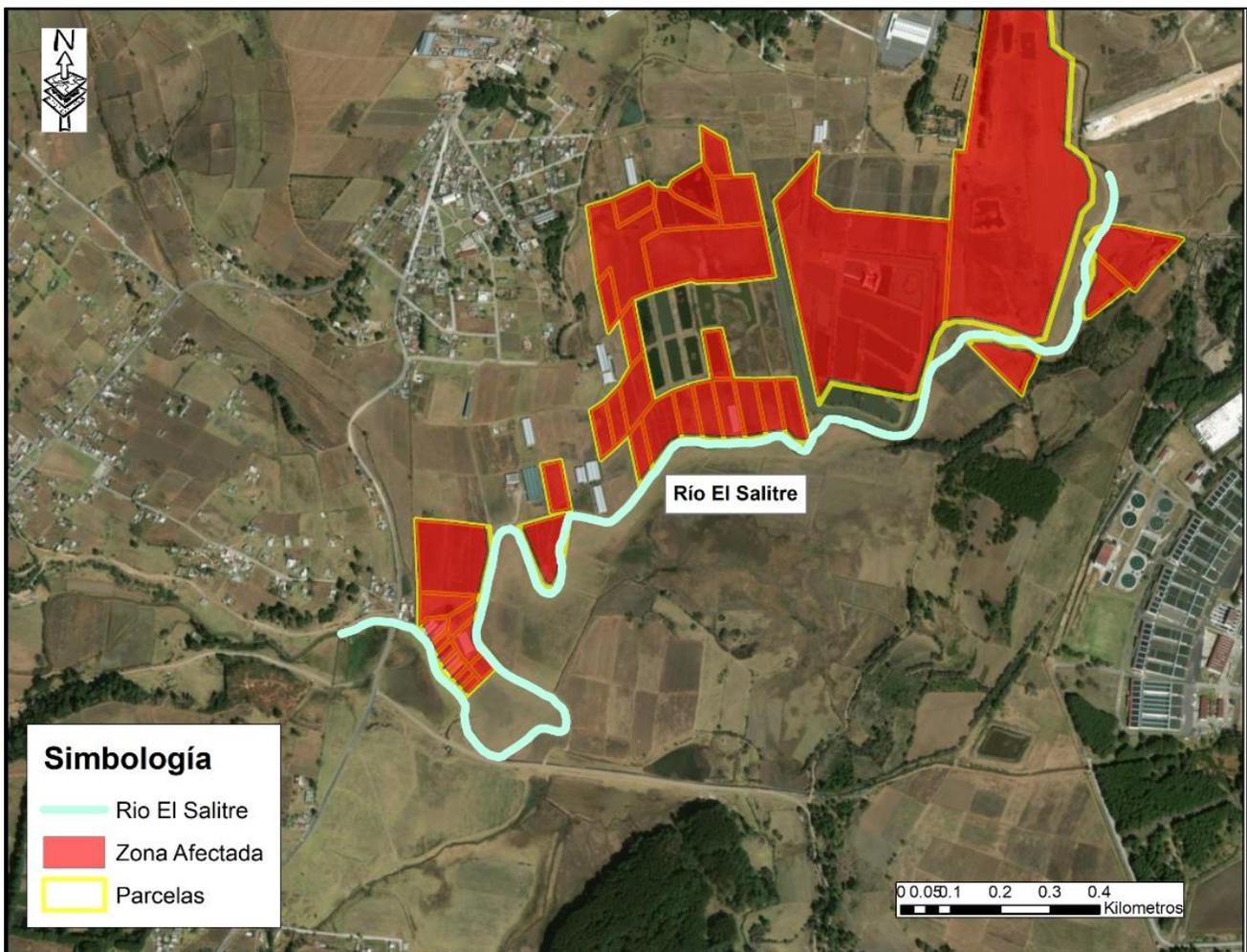


Ilustración 2.11 Zona de afectación considerando los levantamientos topográficos del OCAVM.

En el *Anexo 4. Cultivos afectados* se cuenta con el listado de los nombres de los ejidatarios, productos y superficie de la parcela por la cual están demandado indemnizaciones por concepto de inundaciones.

En la Tabla 2.8 se presenta un resumen de la superficie total afectada en promedio cada año, la localidad con mayor afectación es Berros con 255,213 m² seguido por la localidad de San Isidro con 176,671 m², los productos con mayor afectación es el maíz, pastizal y jitomate.

Tabla 2.8 Resumen de superficie afectada por localidad y producto

Localidad	Superficie total afectada m ²	Jitomate	Pescado	Pastizal	Maíz	Arboles
San Isidro	176,671	8,857	55,868	33,085	75,802	3,060
Berros	255,213	0	106,567	0	148,646	0
San Martin	7,034	0	0	0	7,034	0
San Felipe	32,835	0	0	0	32,835	0
Soledad del Salitre	1,467	1,467	0	0	0	0
Total	473,220	10,325	162,435	33,085	264,317	3,060

Fuente: OCAVM, 2018

Por las pérdidas de las superficies sembradas, el OCAVM se ha visto en la necesidad de realizar pagos por indemnización a daños a cultivos anuales a la población afectada, en la siguiente tabla se muestran los importes pagados por concepto de indemnización.

Tabla 2.9 Importes pagados por indemnizaciones

Año de afectación	Importe anual pagado por indemnización (\$)
Ciclo 2012	\$8,827,671.15
Ciclo 2013	\$3,779,550.34
Ciclo 2014	\$2,484,925.15
Ciclo 2015	\$2,261,440.15
Pago anual promedio	\$4,338,396.70

Fuente: Dirección de Administración, OCAVM.

3. SITUACIÓN SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN

Como ya se mencionó, la situación sin proyecto consiste en pérdidas económicas de cultivos de los habitantes de la zona aledaña al río El Salitre, provocadas por las inundaciones que se presentan cada año por el desbordamiento del mismo río, dado a la falta de capacidad de conducción del río y la reducción de la sección hidráulica del cauce en el puente de la carretera que conduce hacia la localidad de San Cayetano, lo que disminuye la capacidad del cauce y generando remansos aguas arriba de él.

Al evaluar esta situación con un hidrograma con un periodo de retorno de 15 años, esta situación se puede agravar dado a que la zona de inundación se podría incrementar y provocar daños mayores.

3.1 Optimizaciones

Para la determinación de la situación sin proyecto deben considerarse las posibles medidas de optimización que eviten una sobreestimación de los beneficios y costos del proyecto.

La medida administrativa de bajo costo que se considera normalmente en obras de conducción es el desazolve de las mismas.

Estas medidas de inversiones de bajo costo que podrían ser implementadas en la zona de estudio, presentan efectos secundarios y/o algunas limitaciones, a continuación, se describen las limitantes para cada una de las posibles medidas de optimización:

- La opción de *simple dragado* o secciones trapeziales excavadas, sin embargo, dada la velocidad que alcanza el flujo en el río, provocaría que cualquier modificación geométrica no fuera permanente, debido a la erosión y azolve que se presenta en el cauce.

Efectos secundarios negativo de dragado:

- erosión remontante (erosión hacia aguas arriba del tramo dragado)
 - incisión (hundimiento del cauce),
 - irregularización de los fondos
 - descenso de la capa freática (y por tanto desecación de pozos de riego),
 - descalzamiento de puentes y escolleras, colapsos si hay simas bajo la capa aluvial, etcétera.
- *Sacos de arena* con el objeto de desviar las crecientes y actuar como barrera para no provocar inundaciones.

Cabe señalar algunas limitaciones de la colocación de sacos de arena son:

- Los sacos de arena no sellarán completamente el paso del agua.
- Los sacos de arena se deterioran cuando son expuestos a la lluvia y al sol por varios meses, de tal modo que, si los sacos son colocados con demasiada anticipación, puede que no sean tan efectivos al momento de que sean necesarios. Si es requerido que los sacos permanezcan por largo tiempo, la adición de cemento puede incrementar su efectividad.

- Los sacos de arena son básicamente usados para protegerse contra corrientes pequeñas. Para protección contra corrientes mayores, se recomienda otro tipo de estructuras más permanentes.

Sin embargo, dado que la infraestructura actual está rebasada en su capacidad y que anualmente se presentan inundaciones en la zona de estudio a pesar de que se realizan trabajos de desazolve de manera previa a la temporada de lluvias, no se considera la misma como una medida atenuante.

Ante la ausencia de una alternativa de bajo costo que se considere relevante para la mitigación del problema que motiva este proyecto, no se consideran medidas de optimización técnicamente factibles.

3.2 Análisis de la oferta

Al no existir una posible medida de optimización, se considera que la oferta del servicio de conducción de agua del río El Salitre se mantendrá igual que en la situación actual.

Esto se debe a que en la situación actual se toma en cuenta el desazolve de la infraestructura pluvial de la zona de estudio; siendo ésta la medida de optimización para este tipo de proyectos.

Como se mencionó en la sección 2.2, el gasto máximo permisible que puede transitar en cada sección, sin que provoque ningún tipo de impacto es de $25.10 \text{ m}^3/\text{s}$ de manera constante a lo largo del periodo de evaluación.

3.3 Análisis de la demanda

Como se mencionó anteriormente, se calculó el hidrograma para un periodo de retorno de 15 años, con la finalidad de conocer cuál sería el gasto máximo que podría ocurrir en el periodo de 15 años y evaluar si este puede transitar por el cauce sin que se presente ningún desbordamiento.

El estudio arrojó que, para un periodo de 15 años, en el hidrograma por cuenca propia, el gasto máximo promedio del tramo entre los cadenamientos 2+640 y 3+300, es de $58.62 \text{ m}^3/\text{s}$, para $Tr = 15$, cuyo gasto no puede transitar por las secciones actuales del cauce, asimismo, considerando las descargas de la presa Villa Victoria y la Planta potabilizadora Los Berros, se puede observar que el gasto máximo es de $58.62 \text{ m}^3/\text{s}$, pero el tiempo de descarga aumenta un poco. Ver Ilustración 3.1 e Ilustración 3.2.

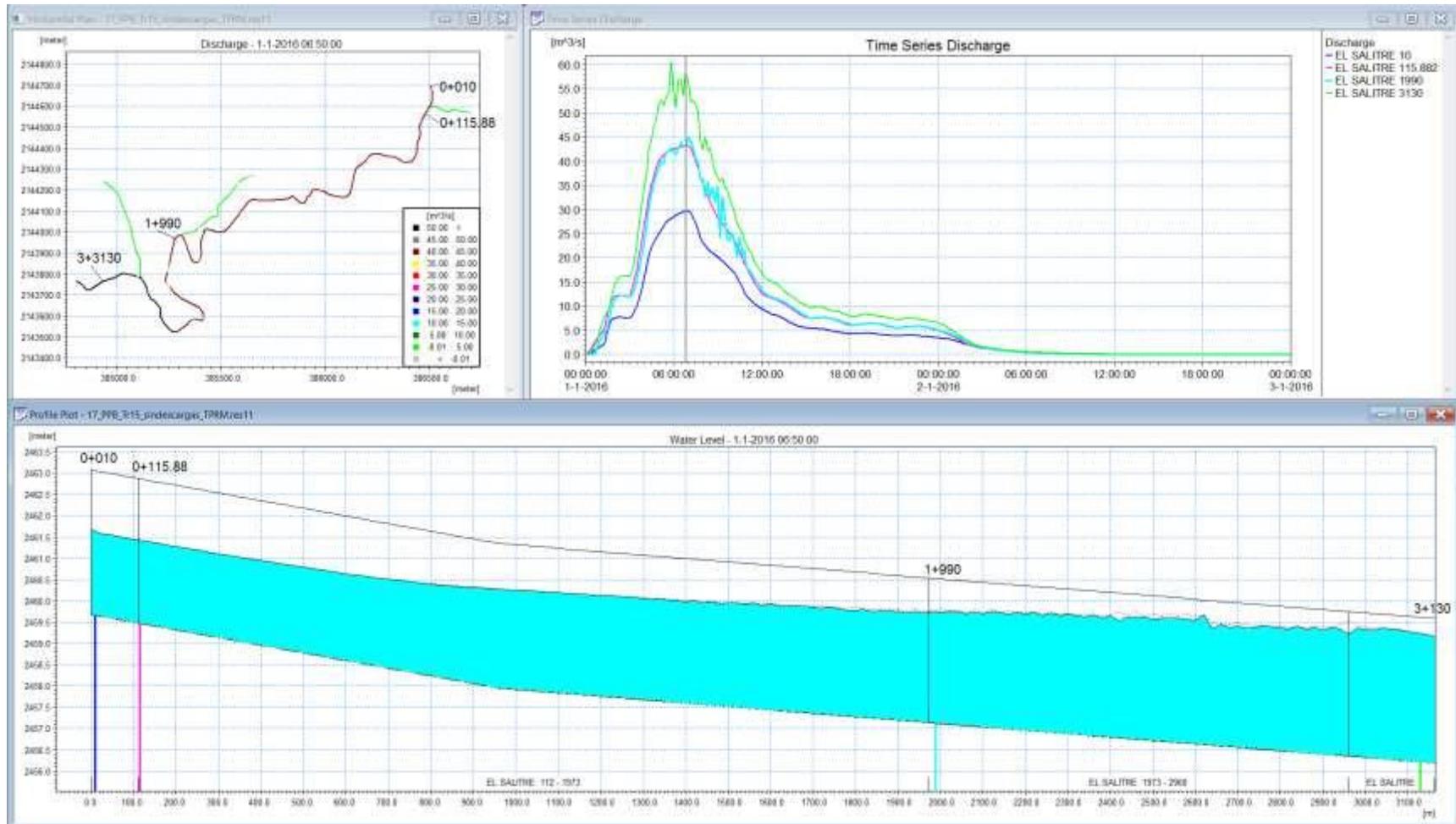


Ilustración 3.1 Simulación, $T_r = 15$ años, sin descargas.

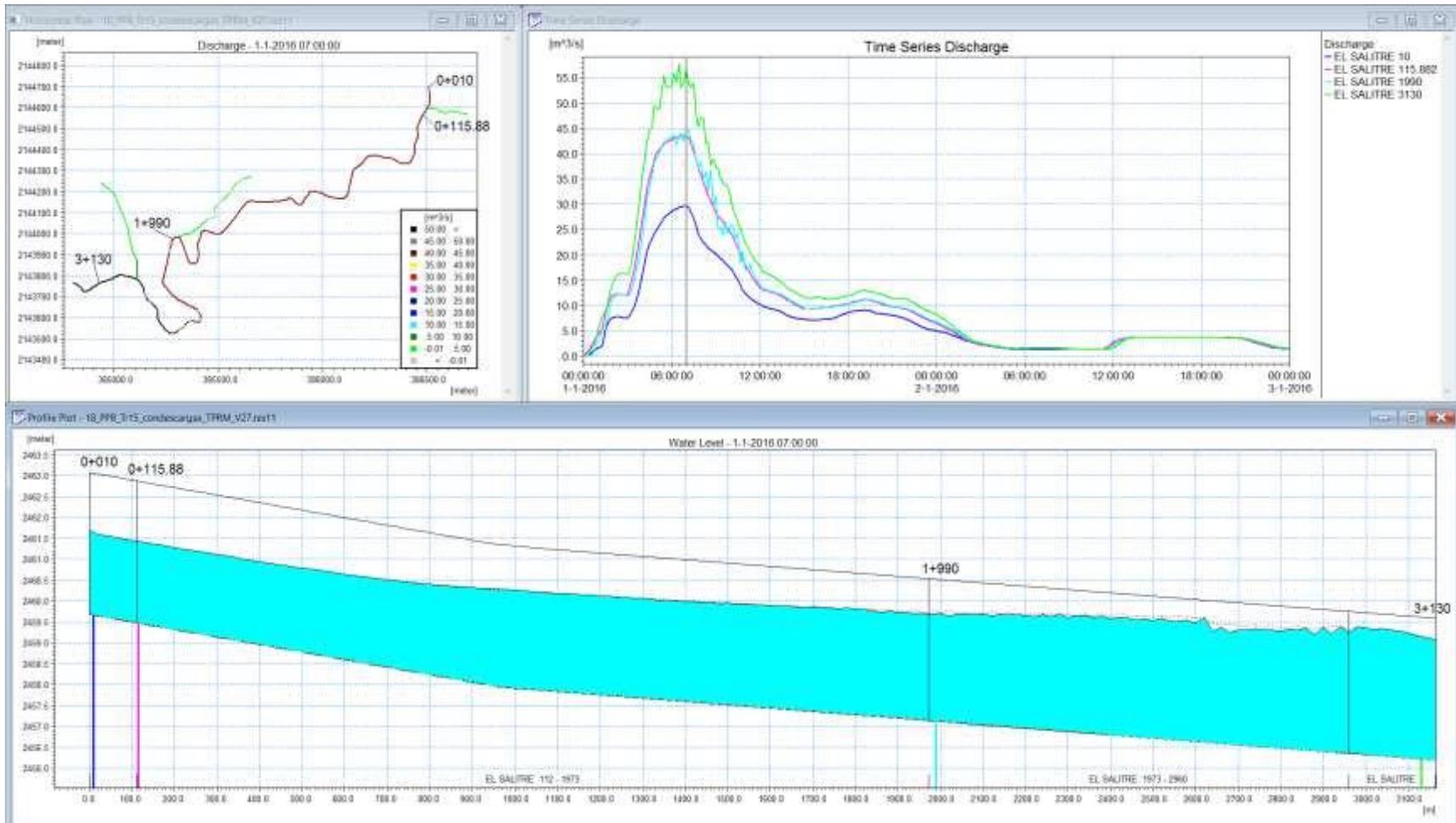


Ilustración 3.2 Figura 8.4.10. Simulación, $Tr = 15$ años, con descargas.

3.4 Diagnóstico de la interacción oferta-demanda

Al interactuar la oferta, refiriéndose a la capacidad actual de conducción del río, con la demanda, que corresponde a la capacidad requerida de conducción para volumen de agua considerando la suma de sus incorporaciones, para el caso sin proyecto, se tomó como referencia los resultados del periodo de retorno de 15 años y las lluvias presentadas en el septiembre de 2015.

Las lluvias que se presentaron el 26 de septiembre de 2015, causando importantes afectaciones a cultivos, invernaderos y tanques piscícolas, estas lluvias tienen un periodo de retorno de 2 años y generaron, junto con las descargas de la presa y la planta, un gasto pico de 35 m³/s.

De presentarse un evento con ocurrencia igual al periodo de retorno de 15 años, donde el gasto máximo alcanzaría los 58.62 m³/s, es imposible que ese gasto transite por el cauce sin provocar algún impacto de inundación debido al desbordamiento del mismo, incrementándose el impacto a partir del cadenamamiento 1+000 la capacidad del cauce se reduce a un promedio de 19.60 m³/s y en la sección donde se ubica el puente de la carretera, donde el gasto máximo permisible es de 11.07 m³/s, inundando sin duda toda la zona de estudio.

Tabla 3.1 Interacción de la oferta –demanda sin el proyecto de inversión

Interacción	Promedio de gastos máximos que transitan en el cauce m ³ /s	Interacción	Promedio de gastos máximos que transitan en el cauce m ³ /s
Oferta actual existente	25.10	Oferta actual existente	25.10
Demanda: Lluvias del 26 de septiembre de 2015	35	Demanda Tr=15 años	58.62
Déficit	-9.9	Déficit	-33.52

3.5 Alternativas de solución

Con la rectificación de 3.1 km de tramo del río El Salitre se busca que el paso de los escurrimientos generados por lluvias ordinarias; así como de las descargas de la presa Villa Victoria y la planta potabilizadora Los Berros no generen inundaciones en la zona aledaña, dado lo anterior se plantearon diversas alternativas para la rectificación del tramo de 3.1 km del río El Salitre.

Derivado del estudio de la situación actual se plantea como medida factible técnicamente la demolición y reconstrucción de un puente de cruce, así como el revestimiento de las secciones hidráulicas.

Tabla 3.2 Alternativas

Alternativa	Material de recubrimiento
1. Alternativa 1 Bordo de mampostería	Opción 1 Sección de mampostería con fondo fijo (con plantilla de mampostería). Opción 2 Sección de mampostería con fondo móvil (terreno natural).
2. Alternativa 2 Bordos de concreto	Opción 1 Sección de concreto con fondo fijo (con plantilla de concreto). Opción 2 Sección de concreto con fondo móvil (terreno natural).
3. Alternativa 3 Bordos de asfalto	Opción 1 Sección de asfalto con fondo fijo (con plantilla de asfalto). Opción 2 Sección de asfalto con fondo móvil (terreno natural).
4. Alternativa 4 Bordos de gavión	Opción 1 Sección de gaviones con fondo fijo (con plantilla de mampostería). Opción 2 Sección de gaviones con fondo móvil (terreno natural).

El análisis de alternativas se realizó mediante flujo uniforme, mostrando las variables de pendiente (s), coeficiente de rugosidad (n), tirante (y) y velocidad media (v) en las secciones de las distintas opciones geométricas de sección transversal. En el análisis, se valora su **factibilidad técnica** considerando la velocidad que se presenta en la sección respecto a la velocidad permisible para el material de recubrimiento marginal.

El análisis hidráulico completo de las alternativas, mediante flujo uniforme, se puede consultar en el Anexo H3 del Proyecto ejecutivo de rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la Planta Potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México

1. Alternativa 1 Bordo de mampostería

Para esta opción se consideró la utilización de mampostería con dos opciones de fondo, la primera con fondo fijo (con plantilla de mampostería) y la segunda opción considerando el fondo móvil (terreno natural), talud de diferente medida ($K=1.5$ y $K=1.2$), un gasto de $55 \text{ m}^3/\text{s}$; en ambos casos la sección de plantilla de rectificación técnicamente no es la adecuada para las características del proyecto. En la Ilustración 3.3 e Ilustración 3.4 se muestra el diseño y especificaciones de análisis, en ambas opciones no conllevaría beneficios al flujo hidráulico, dado que los tirantes superan en algunos puntos y por lo tanto, se desborda, mientras que en algunos casos las velocidades son altas.

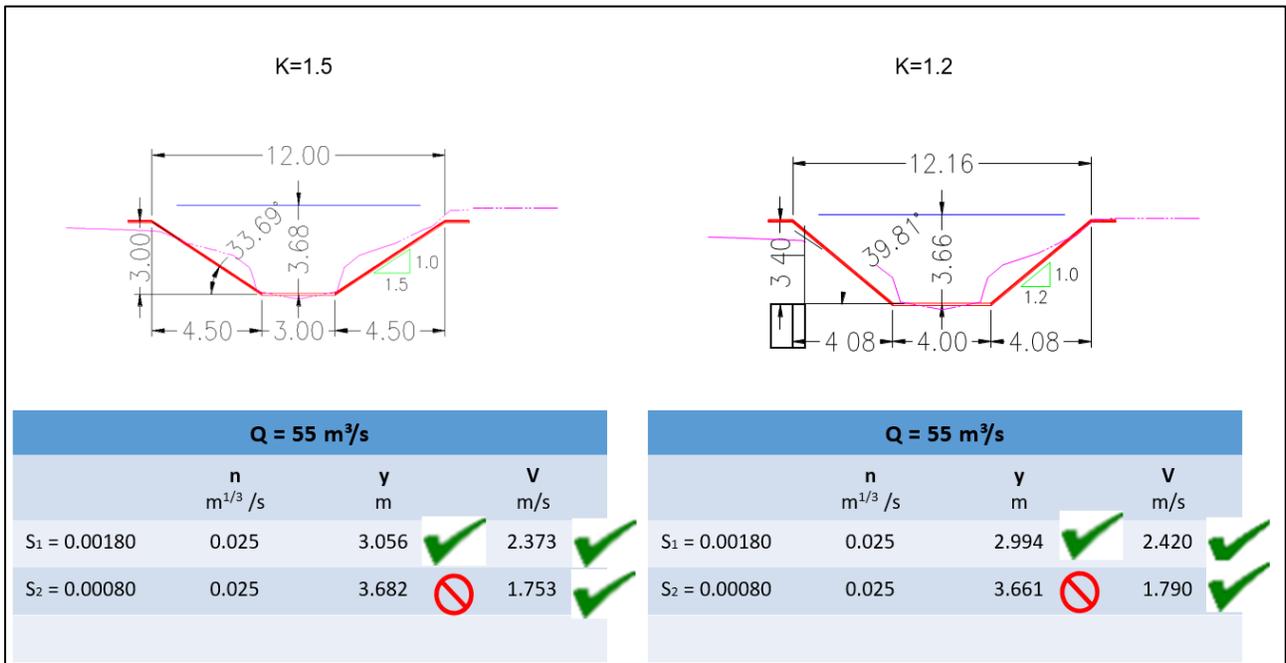


Ilustración 3.3 Opción 1 Sección de mampostería con fondo fijo (con plantilla de mampostería).

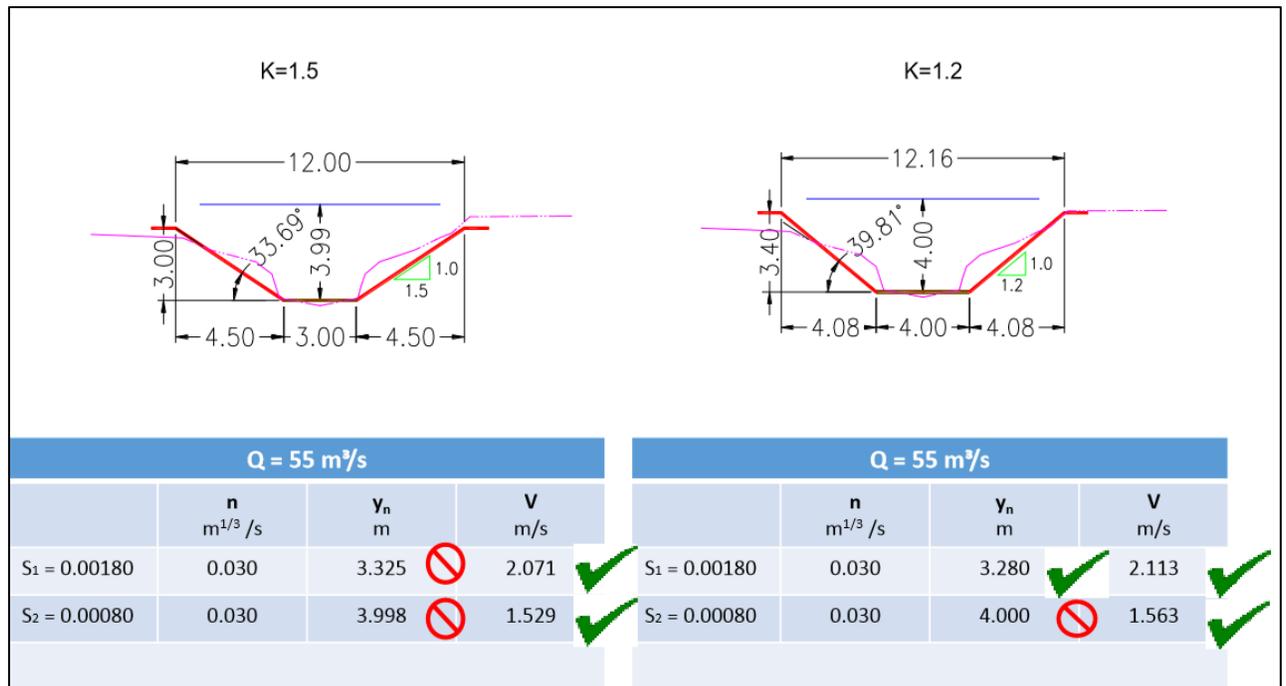


Ilustración 3.4 Opción 2 Sección de mampostería con fondo móvil (terreno natural).

2. Alternativa 2 Bordos de concreto

Para esta opción se consideró la utilización de concreto con dos opciones de fondo, la primera con fondo fijo (con plantilla de concreto) y la segunda opción considerando el fondo móvil (terreno natural) así como para un talud de diferente medida ($K=1.5$ y $K=1.2$), un gasto de $55 \text{ m}^3/\text{s}$. En la sección de concreto no se contempló el suministro y colocación de acero de refuerzo.

En la opción 1 Sección de concreto con fondo fijo (con plantilla de concreto), el comportamiento hidráulico es favorable, pues las velocidades son adecuadas para el tipo de recubrimiento y no se presentan desbordamiento.

La opción de fondo móvil no es la más apta, dado que la velocidad del flujo causaría una erosión fuerte del fondo del cauce.

En la Ilustración 3.5 e Ilustración 3.6 se muestra el diseño y especificaciones de análisis de esta alternativa.

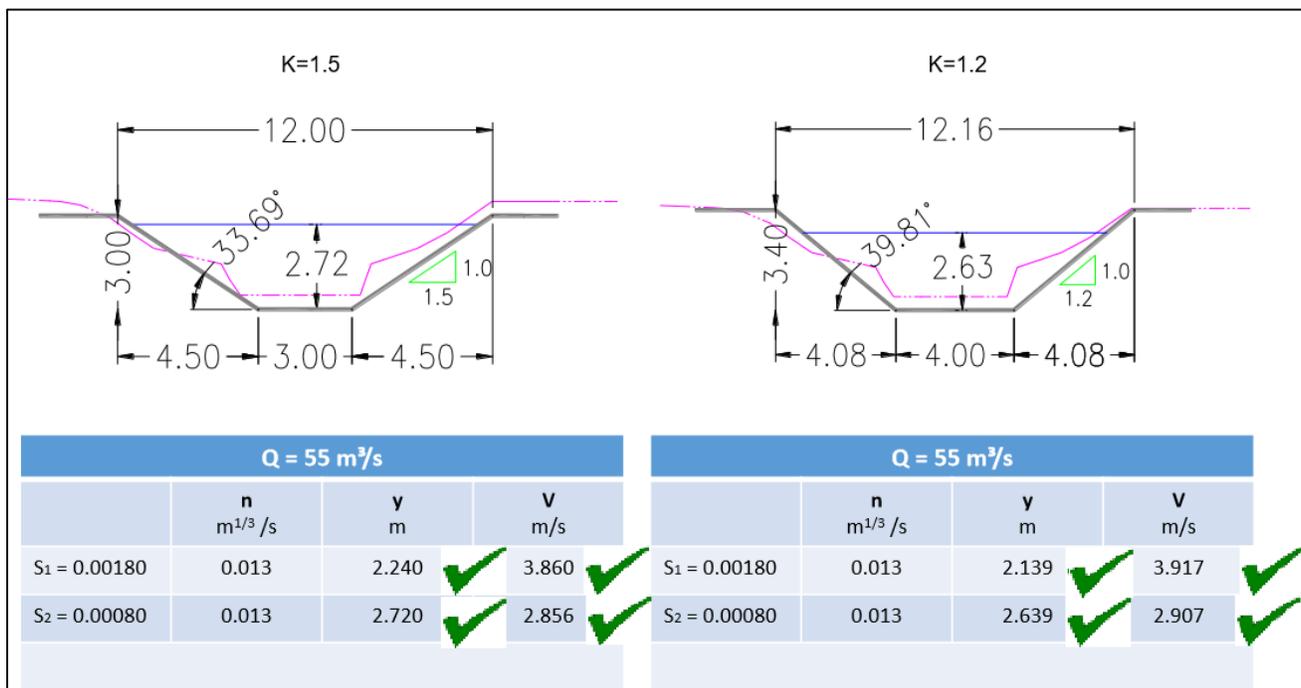


Ilustración 3.5 Opción 1 Sección de concreto con fondo fijo (con plantilla de concreto).

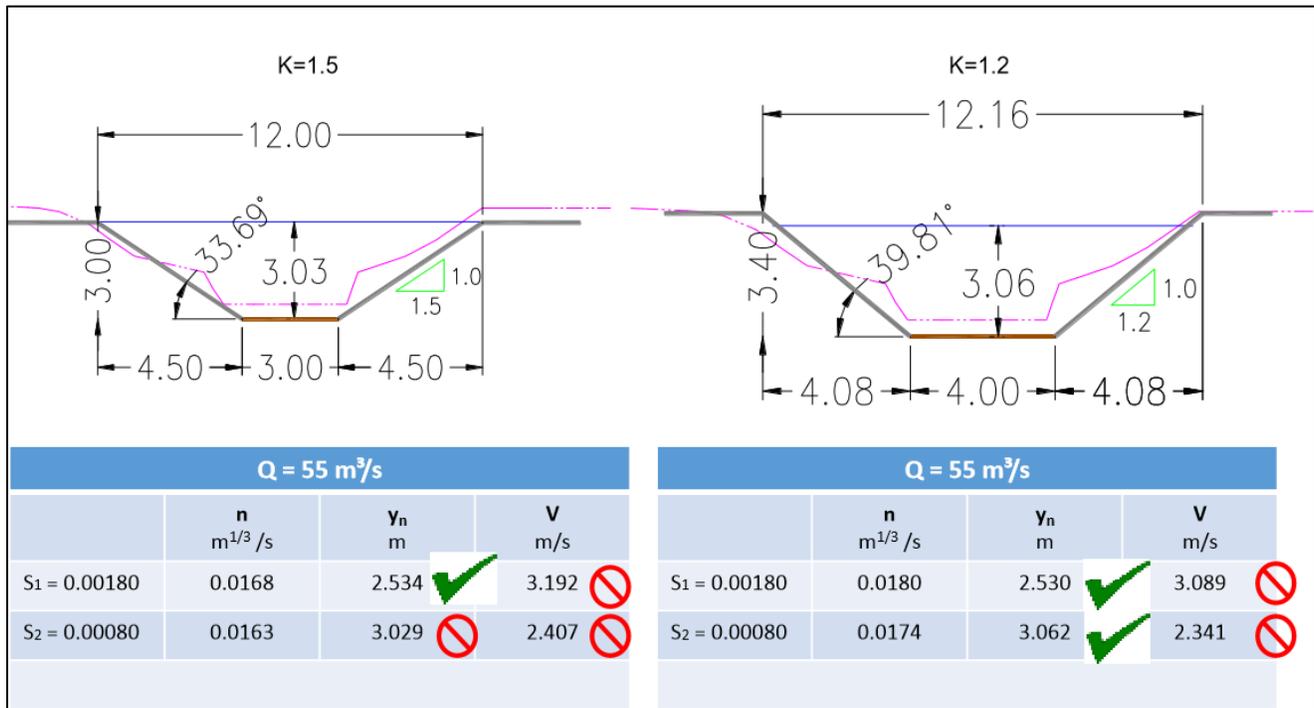


Ilustración 3.6 Opción 2 Sección de concreto con fondo móvil (terreno natural).

3. Alternativa 3 Bordos de asfalto

Para esta opción se consideró la utilización de asfalto con dos opciones de fondo, la primera con fondo fijo (con plantilla de asfalto) y la segunda opción considerando el fondo móvil (terreno natural) así como para un talud de diferente medida (K=1.5 y K=1.2), un gasto de 55 m³/s.

En la opción 1 sección de asfalto con fondo fijo (con plantilla de asfalto), el comportamiento hidráulico es favorable considerando un talud de 1.2, pues las velocidades son adecuadas para el tipo de recubrimiento y no se presentan desbordamiento.

El asfalto es un material considerado de bajo costo a diferencia del concreto, con esta opción las condiciones de flujo favorables con el recubrimiento de asfalto; sin bien existe en México un canal revestido de concreto asfáltico impermeable cerca de Mexicali, BC, con más de 35 años en operación la desventaja de este tipo de material, es que en México este materia no es utilizado para el diseño de obras por lo que podría significar falta de mano de obra calificada para asegurar su correcta aplicación, debido a la poca experiencia en la construcción de canales de asfalto.

En la Ilustración 3.7 e Ilustración 3.8 se muestra el diseño y especificaciones de análisis.

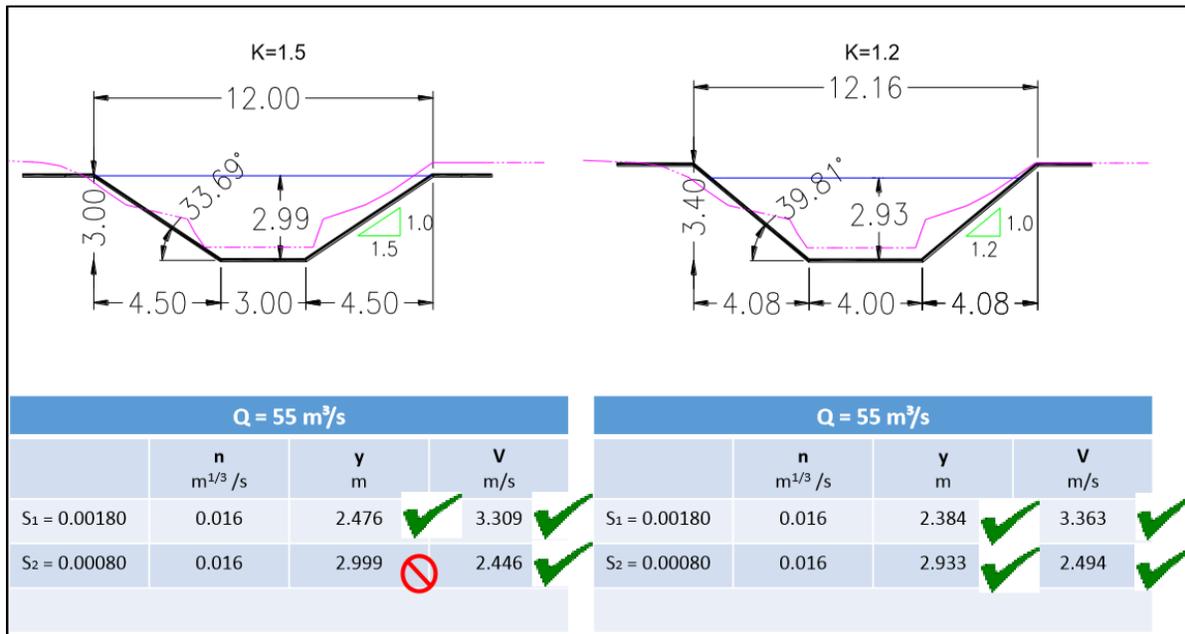


Ilustración 3.7 Opción 1 Sección de asfalto con fondo fijo (con plantilla de asfalto).

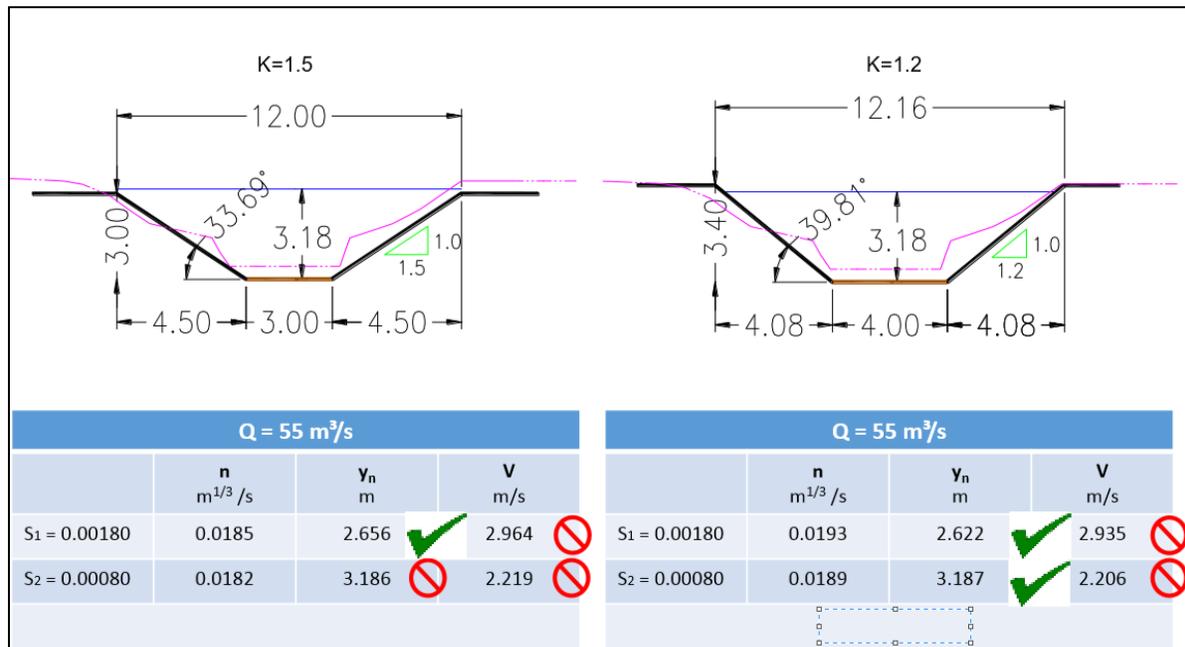


Ilustración 3.8 Opción 2 Sección de asfalto con fondo móvil (terreno natural).

4. Alternativa 4 Bordos de gavión

La última alternativa que se consideró fue recubrimiento con bordos de gavión, para esta opción se consideró la utilización de gaviones con dos opciones de fondo, la primera con fondo fijo (con plantilla de gaviones) y la segunda opción considerando el fondo móvil (terreno natural) así como para un talud de diferente medida ($K=1.5$ y $K=1.2$), un gasto de $55 \text{ m}^3/\text{s}$.

En la opción 1 sección de gaviones con fondo fijo (con plantilla de gaviones), las condiciones de flujo son adecuadas en cuanto a velocidad, aunque, en lo referente al tirante no es tan conveniente, pues se presentan valores superiores a los 3.40 m.

En la Ilustración 3.9 e Ilustración 3.10 se muestra el diseño y especificaciones de análisis.

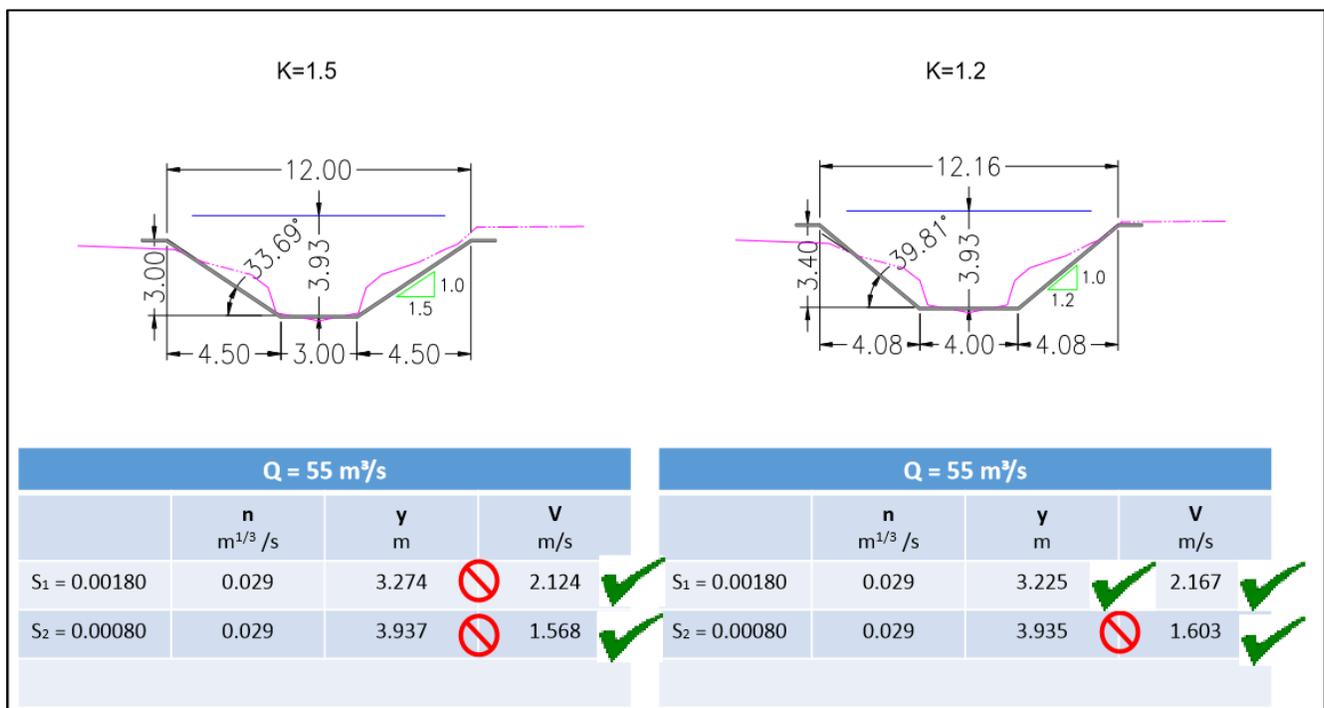


Ilustración 3.9 Opción 1 Sección de gaviones con fondo fijo (con plantilla de gaviones)

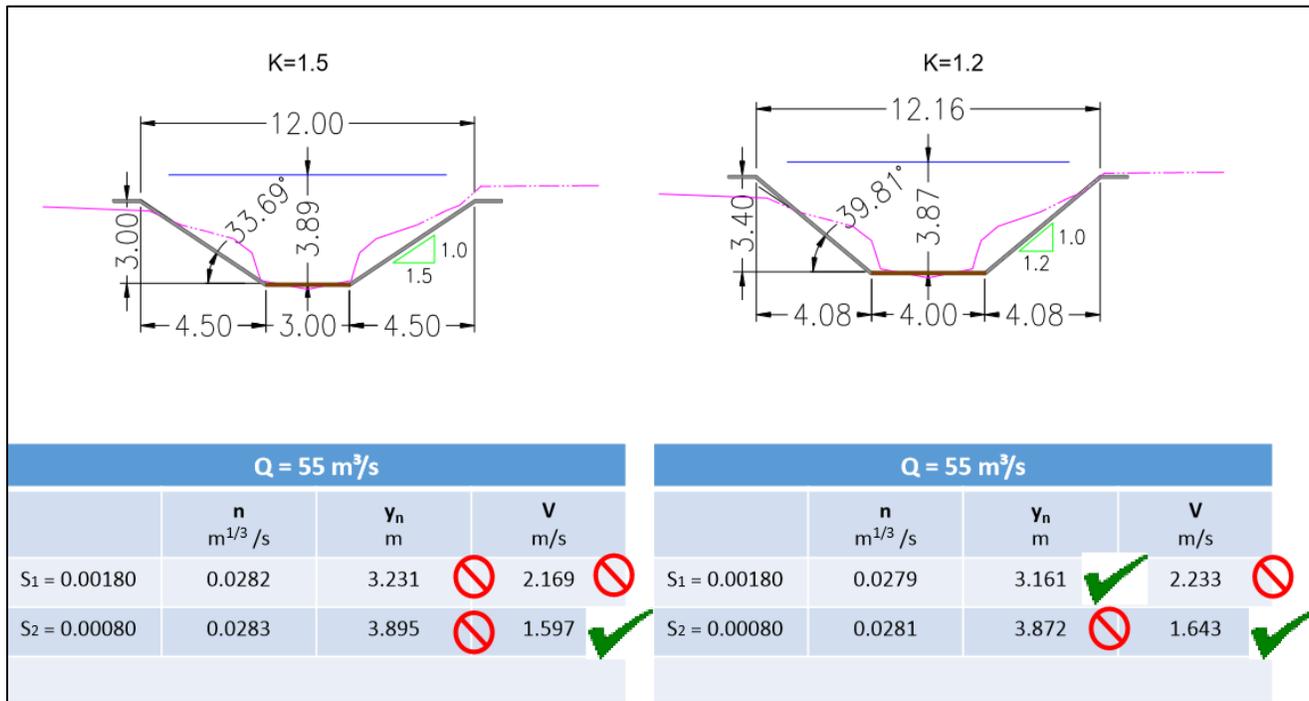


Ilustración 3.10 Opción 2 Sección de gaviones con fondo móvil (terreno natural).

Tabla 3.3 Resumen de las alternativas

Alternativa	Material de recubrimiento	Para K=1.2			Para K=1.5		
		n m ^{1/3} /s	y m	v m/s	n m ^{1/3} /s	y m	v m/s
Alternativa 1 Bordo de mampostería	Opción 1 Sección de mampostería con fondo fijo (con plantilla de mampostería)	0.025	2.994	2.420	0.025	3.056	2.373
	3.661		1.790	3.682		1.753	
Alternativa 2 Bordos de concreto	Opción 2 Sección de mampostería con fondo móvil (terreno natural).	0.025	3.280	2.113	0.0300	3.325	2.071
	4.000		1.563	3.998		1.529	
Alternativa 3 Bordos de concreto	Opción 1 Sección de concreto con fondo fijo (con plantilla de concreto).	0.0130	2.139	3.917	0.0130	2.240	3.860
	2.639		2.907	2.720		2.856	
Alternativa 3 Bordos de concreto	Opción 2 Sección de concreto con fondo móvil (terreno natural).	0.0180	2.530	3.089	0.0168	2.534	3.192
	0.0174	3.062	2.341	0.0163	3.029	2.407	
Alternativa 3 Bordos de asfalto	Opción 1 Sección de asfalto con fondo fijo (con plantilla de asfalto).	0.016	2.384	3.363	0.016	2.476	3.309
	2.933		2.494	2.999		2.446	
Alternativa 3 Bordos de asfalto	Opción 2 Sección de asfalto con fondo móvil (terreno natural).	0.0185	2.656	2.964	0.0193	2.622	2.935
	0.0182	3.186	2.219	0.0189	3.187	2.206	
Alternativa 4 Bordos de gavión	Opción 1 Sección de gaviones con fondo fijo (con plantilla de gaviones).	0.029	3.225	2.167	0.029	3.274	2.124
	3.935		1.603	3.937		1.568	
Alternativa 4 Bordos de gavión	Opción 2 Sección de gaviones con fondo móvil (terreno natural).	0.0279	3.161	2.233	0.0282	3.231	2.169
	0.0281	3.872	1.643	0.0283	3.895	1.597	

Tabla 3.4 Ventajas y desventajas del material de las alternativas

Alternativa	Ventajas	Limitantes
Alternativa 1 Bordo de mampostería	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizan cuando los materiales abundan Mano de obra es económica 	<ul style="list-style-type: none"> No es apropiada en secciones en terraplén. No es apropiada en cimentaciones débiles por no tiene resistencia su estructura.
Alternativa 2 Bordos de concreto	<ul style="list-style-type: none"> Se construyen en sitios donde hay cambio de temperatura extremos Existen fluctuaciones frecuentes del gasto Impermeabilidad y rigidez 	<ul style="list-style-type: none"> Costo de construcción
Alternativa 3 Bordos de asfalto	<ul style="list-style-type: none"> Costos de conservación mínimos Flexibilidad Resistencia a la erosión 	<ul style="list-style-type: none"> Fallan por intemperismo
Alternativa 4 Bordos de gavión	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la rotura y separación Son permeables (por lo tanto, liberan presión producto del agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Estructuras antiestéticas y poco natural en los entornos de los ríos Deben ser inspeccionados de forma periódica para asegurar su integridad.

Fuente: Sotelo Ávila, Gilberto. Hidráulica de canales. México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2002, pp 442-446
<https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-B9780444418289500090/first-page-pdf>

Criterios técnicos utilizados para la selección de la alternativa

1. La opción de revestimiento con mampostería se descarta debido a que el resultado del cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning (0.0250), arroja que en los tirantes sobrepasan los 3.40 m y por lo tanto se presentarían desbordamientos, mientras que en otros casos las velocidades son altas.
2. La opción de recubrimiento con gaviones, al igual que la opción de revestimiento con mampostería, el coeficiente de rugosidad de Manning (0.0280) se traduce en tirantes que sobrepasan los 3.40 m y por lo tanto se presentarían desbordamientos. La opción de fondo móvil no es apta, dado que la velocidad del flujo (que alcanza hasta 3.9 m/s) causaría una erosión fuerte del fondo del cauce.
3. En la opción de revestimiento con asfalto, el coeficiente de rugosidad de Manning es menor al de las dos opciones anteriores y por lo tanto presentaría condiciones de flujo favorables, sin embargo, en México existe poca experiencia en la construcción de canales con revestimiento de asfalto, al haber poca demanda el costo se incrementa, aunado a que las condiciones naturales de la zona de estudio propiciarían costos adicionales recurrentes de mantenimiento, aunado a que el recubrimiento de asfalto tiene una vida útil menor (hasta dos veces) con respecto al recubrimiento de concreto y su mantenimiento y reparación implica mayor complejidad.
4. La opción más adecuada técnicamente es la de revestimiento de concreto, debido a que se traduce en condiciones de flujo favorables (tirantes menores a 3.40 m), con costo competitivo (inferior a la opción de mampostería y ligeramente superior a la opción de gaviones) y en México se cuenta con amplia experiencia, mano de obra calificada y maquinaria para este tipo de obras.

En el caso del recubrimiento de concreto, el costo no es tan alto (similar a los de asfalto y gaviones) y el comportamiento hidráulico es favorable, pues las velocidades son adecuadas para el tipo de recubrimiento y no se presentan desbordamientos. La opción de fondo móvil no es la más apta, dado que la velocidad del flujo (que alcanza hasta 3.9 m/s) causaría una erosión fuerte del fondo del cauce.

El análisis de alternativas de solución entre las opciones de recubrimiento de mampostería, concreto, asfalto y gaviones se realizó con base en la factibilidad técnica, económica y desde el punto de vista constructivo. (Apartado 8.2. Análisis de opciones de solución del proyecto ejecutivo de Proyecto ejecutivo de rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la Planta Potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México).

4. SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN

4.1 Descripción general

De conformidad con la Sección II, de los *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*, emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2013, el proyecto de inversión denominado *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la Planta Potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México*, es del tipo *Proyectos infraestructura social*, dado que se trata de la rehabilitación de un cauce (Ampliación y reforzamiento de la sección del cauce) para prevenir de inundaciones en zonas agrícolas de las zonas aledañas de río El salitre garantizando así la seguridad social.

En ese entendido, y dado que el monto total de la inversión estimado, se encuentra en el rango superior a 50 millones de pesos, la SHCP establece que sin importar el monto total de inversión puede llevarse a cabo la evaluación económica bajo la modalidad de *Análisis costo beneficio*.

Tabla 4.1 Tipo de proyecto
Tipo de proyecto de inversión

Proyecto de infraestructura económica	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura social	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

Instancia ejecutora:

La instancia ejecutora es la Comisión Nacional del Agua.

Propósito:

Como se ha señalado, el propósito de este proyecto es aumentar la capacidad de conducción de un tramo del río El Salitre, para disminuir el impacto y frecuencia de las inundaciones fluviales por desbordamiento en la zona aledaña a la Planta Potabilizadora “Los Berros”.

Componentes:

Para evitar estas inundaciones se plantea rehabilitar la sección del cauce del río El Salitre, realizando un desazolve y el revestimiento con concreto hidráulico de los taludes y fondo del cauce, a lo largo de 3.1 km de río.

La rectificación se divide principalmente en dos tramos: el primero, del cadenamiento 0+000 al 1+000, tiene una pendiente de 0.0018, fondo de concreto y taludes de colchón de gavión; el segundo, del 1+000 al 3+020, tiene una plantilla de 0.008 y recubrimiento de concreto.

Adicionalmente, se plantea un tramo de transición entre el tramo rectificado y el de aguas abajo, para lo cual se propone un tramo de 40 m con fondo móvil y un tramo de 60 m sin revestimiento, con el fin de disminuir gradualmente la velocidad del flujo y evitar la erosión del cauce al final de la rectificación.

Asimismo, se modificará el puente de mampostería ubicado en el cadenamiento 3+011 del tramo en estudio, que forma parte de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano.

Para el puente se propone una estructura tipo cajón, conformado por: muros, tablero, capa de rodadura (que fungirá como vía de circulación de los automóviles), losa de cimentación y traveses de concreto reforzado. La estructura tiene 3.60 m de altura.

Tabla 4.2 Componentes del proyecto de inversión

Componente	Tipo	Cantidad	Principales características
Rectificación del río el salitre, tramo planta potabilizadora Los Berros a carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano, Villa de Allende.	Tipo trapecial	3.1 km	Sección tipo trapecial con 5.20 m de base, 3.40 metros de altura y taludes a 45° por 3.1 km del río El Salitre. Se divide en dos tramos: el primero, del cadenamiento 0+000 al 1+000, tiene una pendiente de 0.0018, fondo de concreto y taludes de colchón de gavión; el segundo, del 1+000 al 3+020, tiene una plantilla de 0.008 y recubrimiento de concreto.
Construcción de estructura de puente vehicular, cadenamiento 3+000	Cajón	1	Estructura tipo cajón, conformado por: muros, tablero, capa de rodadura, losa de cimentación y traveses de concreto reforzado. 3.60 m de altura.
Construcción de estructura de transición, cadenamiento 2+960	Rectangular	1	Tramo de transición entre el tramo rectificado y el de aguas abajo, para lo cual se propone una sección rectangular de 9.00 m de ancho (manteniendo el fondo triangular), del cadenamiento 2+960 al 3+020.

4.2 Alineación estratégica

En la Tabla 4.3, se detallan los instrumentos de planeación con los cuales el proyecto de inversión se vincula en los diferentes niveles de gobierno.

Tabla 4.3 Alineación estratégica

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
<p>Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018</p>	<p>Sus principales líneas estratégicas del proyecto de inversión se encuentran relacionadas con las metas nacionales del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018:</p> <p>VI.4 México Próspero y, de manera específica,</p> <p>Objetivo 4.4. Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.</p> <p>Estrategia 4.4.2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.</p> <p>Estrategia 4.4.3. Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.</p>	<p>Línea de acción de la Estrategia 4.4.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Asegurar agua suficiente y de calidad adecuada para garantizar el consumo humano y la seguridad alimentaria. •Reducir los riesgos de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos por inundaciones y atender sus efectos. <p>Línea de acción de la Estrategia 4.4.3:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Ampliar la cobertura de infraestructura y programas ambientales que protejan la salud pública y garanticen la conservación de los ecosistemas y recursos naturales.
<p>Plan Nacional Hídrico 2014-2018</p>	<p>Objetivo 2. Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones.</p> <p>Estrategia 2.1 Proteger e incrementar la resiliencia de la población y áreas productivas en zonas de riesgo de inundación y/o sequía</p> <p>Estrategia 2.1.9 Establecer esquemas de corresponsabilidad con autoridades locales para conservar las márgenes de los ríos y cuerpos de agua ordenadas y limpias</p>	
<p>Programa Sectorial del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018</p>	<p>Objetivo 2. Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero.</p> <p>Estrategia 2.5 Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones.</p>	<p>Línea de acción de la Estrategia 2.5:</p> <p>2.5.3 Proteger e incrementar la resiliencia de la población y áreas productivas en zonas de riesgo de inundación y/o sequía.</p>

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
<p>Plan de desarrollo del Estado de México 2017-2023</p>	<p>Pilar Territorial Objetivo 3.4 Mejorar los servicios en materia de agua, su gestión sostenible y el saneamiento. Estrategia 3.4.2.: Avanzar en la recuperación, conservación y gestión integral de las cuencas hidrológicas.</p>	<p>Generar medidas en materia de resiliencia de los efectos hidroclimáticos extremos, en los sistemas hidráulicos y de drenaje para prevenir las inundaciones y dar protección a la población vulnerable.</p>
<p>Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la</p>	<p>Objetivo 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.</p>	<p>Meta 2.4 del Objetivo 2. Asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra. Meta 15.3 del Objetivo 15. Luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con efecto neutro en la degradación del suelo.</p>

- **Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Villa de Allende 2016-2018**

El Modelo de ordenamiento ecológico presenta las Unidades de Gestión Ambiental (UGAS) propuestas para el Municipio de Villa de Allende. La Unidad de Gestión Ambiental (UGA) es definida por la SEMARNAT (2002) como “espacio en condiciones de homogeneidad definida por factores y limitantes biológicos, físicos, de infraestructura y organización política, económica y social, hacia cuya configuración confluye la ejecución de acciones, obras y servicios provenientes de los usufructuarios directos del territorio y/o de otros actores con políticas y programas exógenos”.

Por su grado de deterioro el modelo de ordenamiento ecológico ha determinado dos áreas de atención inmediata en el municipio de Villa de Allende:

- La parte desforestada de la Área Nacional Protegida (ANP) de la Mariposa
- UGA 11 (cause y área de influencia del río El Salitre-Malacatepec-San José) por su grado de contaminación y de conflictos actuales.

En función a la clase de factores que pueden afectar al territorio, la forma en que evolucionan las problemáticas y las posibles consecuencias al ambiente y sociedad en cada uno de sitios, se establece un grado de degradación global para cada uno de ellos.

Tabla 4.4 Tendencias de degradación ambiental según lugar (impactos acumulados)

Zona	Localización	Factores de degradación ambiental: tendencias	Degradación*	Observaciones
Riberas del Río San José Malacatepec	Ejidos El Salitre, Los Berros, El Jacal, San Felipe. Propiedad privada de San Felipe Santiago Ejido Cabecera de indígenas Cabecera municipal Comunal de San Pablo Ejido San Pablo	Cambio climático	Muy Alto	Incremento de riesgo de inundaciones

- **Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento**

Establece en su Artículo 3 que para efectos de esta ley se entenderá...fracción XI. “*Cauce de una corriente*”: El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento;

En el Artículo 7. Se declara de utilidad pública: *II. La protección, mejoramiento, conservación y restauración de cuencas hidrológicas, acuíferos, cauces, vasos y demás depósitos de agua de propiedad nacional.*

El Artículo 97 establece que *Los usuarios de las aguas nacionales podrán realizar, por sí o por terceros, cualesquiera obras de infraestructura hidráulica que se requieran para su explotación, uso o aprovechamiento.*

Artículo 98. Cuando con motivo de dichas obras se pudiera afectar el régimen hidráulico o hidrológico de los cauces o vasos propiedad nacional o de las zonas federales correspondientes, así como en los casos de perforación de pozos en zonas reglamentadas o de veda, se requerirá de permiso en los términos de los Artículos 23 y 42 de esta Ley y de sus reglamentos

Artículo 157. Para efectos del artículo 98 de la “Ley”, las personas que pretendan realizar obras que impliquen desviación del curso de las aguas nacionales de su cauce o vaso, alteración al régimen hidráulico de las corrientes o afectación de su calidad, al solicitar el permiso respectivo de “La Comisión”, deberán acompañar el proyecto y programa de ejecución de las obras que pretendan realizar, y demostrar que no se afecta riesgosamente el flujo de las aguas ni los derechos de terceros aguas abajo. “La Comisión” resolverá si acepta o rechaza el proyecto y, en su caso, dará a conocer a los interesados las modificaciones que deban de hacer a éste para evitar que cualquier afectación al régimen hidrológico de las corrientes no imponga riesgos en la seguridad de las personas y sus bienes, no altere la calidad del agua ni los derechos de terceros.

4.3 Localización geográfica

En la Ilustración 4.1 se puede apreciar la zona de influencia es decir el área donde potencialmente se manifiestan los impactos de la obra de rectificación del río El Salitre, esta área se localiza en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros perteneciente al Sistema Cutzamala, el tramo del río a rectificar se encuentran en el municipio de Villa de Allende, Estado de México, cerca del límite con el Estado de Michoacán.

Las coordenadas geográficas de la planta son:

E = 386711 m

N = 2143857 m.

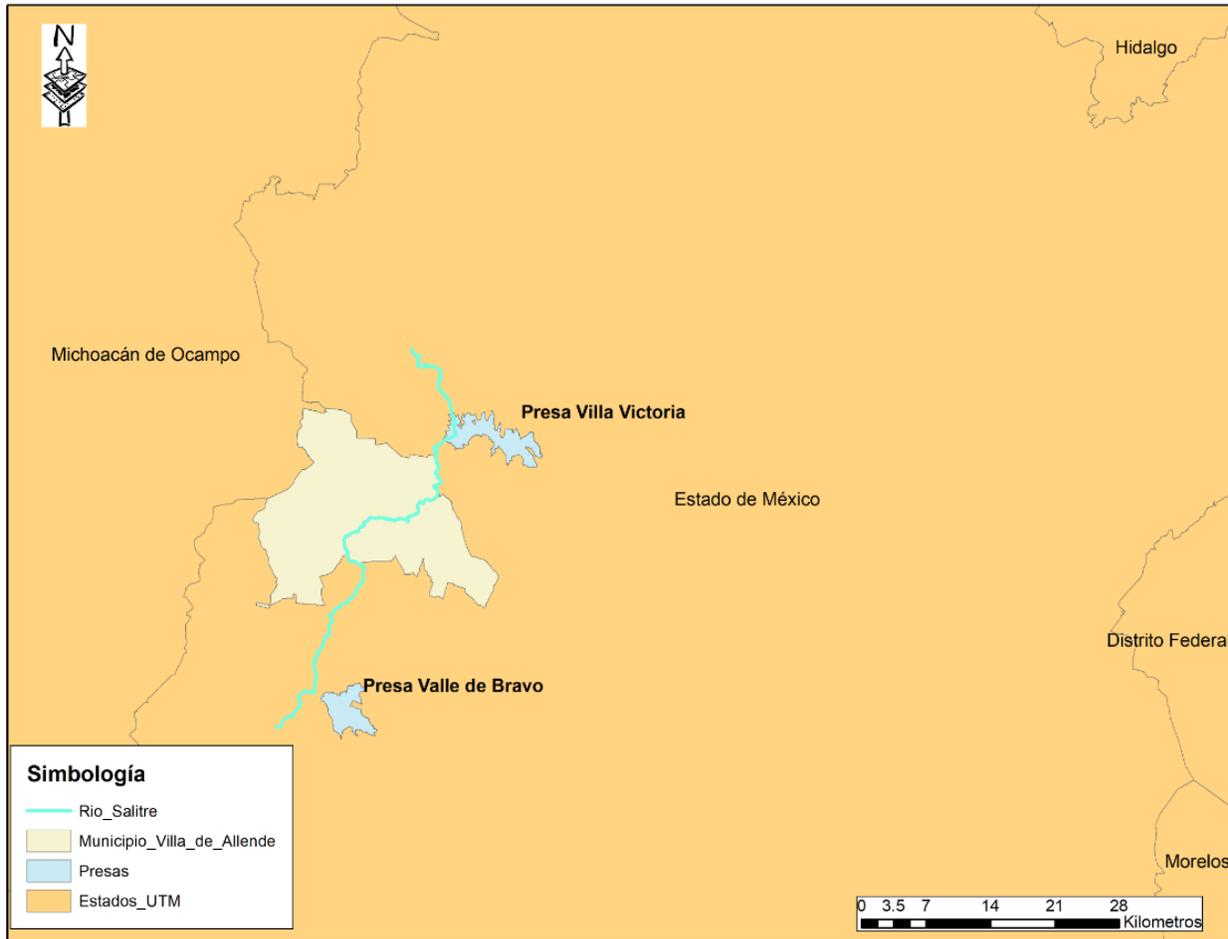


Ilustración 4.1 Zona de influencia

El tramo de rectificación (Ilustración 4.2) comienza 100 m aguas arriba de la confluencia con el Canal de descarga de los tanques sedimentadores de la planta potabilizadora Los Berros y termina aproximadamente 100 m aguas abajo del puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano.

Las coordenadas UTM (14N), del punto de inicio y fin sobre el eje del cauce, son:

Inicio del levantamiento: E = 386504.798 m, N = 2144695.919 m.

Final del levantamiento: E = 384960.125 m, N = 2143774.016 m.

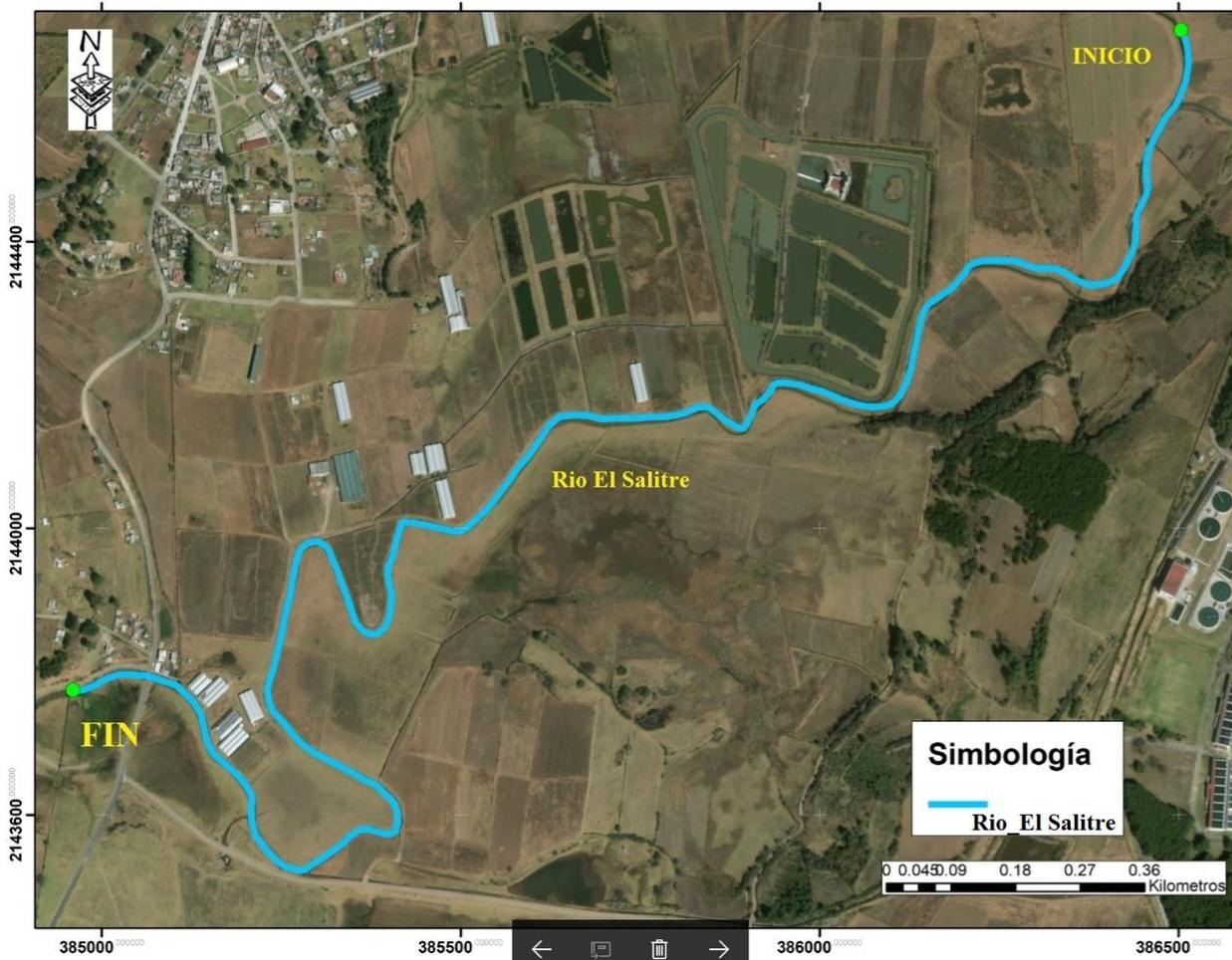


Ilustración 4.2 Tramo de rectificación del río El Salitre

4.4 Calendario de actividades

Se considera que la ejecución del proyecto podría realizarse en un plazo de 12 meses, posterior a su registro en la cartera de proyectos SHCP.

Tabla 4.5 Calendario de actividades

Periodo de registro en la cartera de proyectos SHCP	Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Avance		8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	10%	10%

4.5 Monto total de inversión

El proyecto considera una inversión de 62 millones de pesos (IVA incluido) y se pretende ejecutar en 12 meses. A continuación, se presenta el desglose de los componentes:

Tabla 4.6 Monto total de la inversión

No.	Componentes	Monto de inversión
1	Rectificación del río el salitre, tramo planta potabilizadora Los Berros a carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano, Villa de Allende.	\$ 52'784,178.86
2	Construcción de estructura de puente vehicular, cadenamiento 3+000	\$728,413.31
3	Construcción de estructura de transición, cadenamiento 2+960	\$96,441.15
Subtotal de Componentes/Rubros		\$53,609,033.32
Impuesto al Valor Agregado		\$8,577,445.33
Total		\$62,186,478.66

4.6 Fuentes de financiamiento

Los recursos financieros con los que se solventará la ejecución del proyecto serán mediante recursos fiscales federales, con cargo al presupuesto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que serán asignados a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y serán ejercidos a través de la Gerencia de Infraestructura de Protección en Ríos y de Distritos de Temporal, bajo la supervisión del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM).

Tabla 4.7 Fuentes de financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
1. Federales	CONAGUA	\$62,186,478.66	100
2. Estatales	0	0	0
3. Municipales	0	0	0
Total	0	\$62,186,478.66	100%

4.7 Capacidad instalada

La rectificación se divide principalmente en dos tramos: el primero, del cadenamiento 0+000 al 2+640, tiene una pendiente de 0.0018, fondo de concreto y taludes de colchón de gavión; el segundo, del 2+640 al 3+117.61, tiene una plantilla de 0.008 y recubrimiento de concreto. La capacidad instalada al concluir el proyecto alcanzará un promedio máximo de 58.0 m³/s, misma que permanecerá constante a lo largo del periodo de evaluación.

Tabla 4.8 Capacidad instalada del río El Salitre

Rectificación del río	Gasto de diseño (m ³ /s)
Tramo 1	44
Tramo 2	58

4.8 Metas anuales y totales de producción

El proyecto de *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México* permitirá optimizar las condiciones de oferta de conducción del río, al concluir las obras la capacidad de conducción alcanzará un promedio máximo, en el tramo de 3.1km del río El Salitre, de 58 m³/s de caudal, oferta con la que

se dará protección contra las inundaciones cultivos, invernaderos y tanques piscícolas de las localidades de San Isidro, Berros, San Martín, San Felipe y Soledad del Salitre del municipio de Villa de Allende cuando se presenten lluvias, con un periodo de retorno de 15 años o menos.

4.9 Vida útil

Con relación a la vida útil de las obras que comprende la rectificación de 3.1 km del río El Salitre, se refiere al tiempo que se espera que la obra sirva para los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados, que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente o ineficiente.

Este período está determinado por la duración misma de los materiales de los que estén hechos los componentes, por lo que es de esperar que este lapso sea mayor que el período de diseño. Otros factores que determinan la vida útil de las obras de agua potable y alcantarillado son la calidad del agua a manejar y la operación y mantenimiento del sistema.

De acuerdo al Libro Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado del MAPAS 2015, la vida útil de una infraestructura nueva es de 30 años.

Tabla 4.9 Vida útil

Vida útil del proyecto de inversión	
Vida útil en años	30 AÑOS

4.10 Descripción de los aspectos más relevantes

- **Estudio técnico**

Respecto a la factibilidad técnica del proyecto Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México, se puede concluir lo siguiente:

La conceptualización y diseño de las obras que se requieren para la rectificación de 3.1 km del río el Salitre en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, se basan en los resultados obtenidos en el Proyecto ejecutivo efectuado por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM) en año 2016, de manera que se tiene referencia técnica directa de las especificaciones, técnicas y costos que cada una de estas acciones que se requiere llevar a cabo.

Se cuenta con un estudio hidrológico de la cuenca del tramo del río, con el cual se determinó las lluvias asociadas a diferentes periodos de retorno y sus correspondientes hidrogramas.

A través del estudio del funcionamiento hidráulico del río en sus condiciones actuales se determinó las causas del desbordamiento del río El Salitre en las inmediaciones de la Planta Potabilizadora Los Berros y se propuso diferentes alternativas para el proyecto geométrico de rectificación del tramo que genera mayores afectaciones, así como de las confluencias de los cauces y canales que descargan en él.

La toma de decisión de rectificación de un tramo del río se fundamentó en el estudio hidrológico y el estudio de análisis hidráulico, análisis estadístico de lluvias, escurrimientos y permeabilidad, tiempos de concentración, información de estaciones climatológicas cercanas a la zona de estudio y la pendiente del terreno, así como el análisis y diseño estructural de un puente el cual se propone rehacer.

Las obras comprendidas en estos estudios tienen un nivel de detalle de proyecto ejecutivo, que valida la viabilidad técnica del proyecto.

Se diseñó una rectificación que permita, sin ningún peligro, el paso de los escurrimientos generados por lluvias ordinarias, así como de las descargas de la presa Villa Victoria y la Planta Potabilizadora Los Berros.

El periodo de retorno de diseño se definió considerando la ubicación del proyecto, la infraestructura cercana, el tamaño de las localidades en las inmediaciones y la normatividad vigente. Por lo que el diseño se rigió por un $Tr = 5$ años; sin embargo, para proporcionar mayor seguridad a los habitantes de la zona, se revisó para 15 años de periodo de retorno.

En función de la topografía actual, las características del suelo, los gastos de diseño y el límite de los predios contiguos al río, se determinó que lo mejor era emplear una sección trapecial. Asimismo, se establecieron las plantillas de rectificación factibles de implementar, procurando mantener la pendiente del terreno natural y cerrando la rectificación a la misma elevación de plantilla con que cuenta el río hacia aguas arriba y aguas abajo.

Después de realizar un análisis de alternativas de bajo flujo no permanente, se determinó que la sección más adecuada es una sección trapecial con 5.20 m de base, 3.40 m de altura y taludes a 45° . Asimismo, con el fin de evitar que los sedimentos provenientes de la Planta Potabilizadora Los Berros se azolven en el río durante temporada de estiaje, cuando los gastos y velocidades en el cauce son muy pequeños, se implementará una sección triangular en el fondo, para facilitar el flujo del agua y los sedimentos.

La rectificación se divide principalmente en dos tramos: el primero, del cadenamamiento 0+000 al 1+000, tiene una pendiente de 0.0018, fondo de concreto y taludes de colchón de gavión; el segundo, del 1+000 al 3+020, tiene una plantilla de 0.008 y recubrimiento de concreto.

Adicionalmente, se plantea un tramo de transición entre el tramo rectificado y el de aguas abajo, para lo cual se propone un tramo de 40 m con fondo móvil y un tramo de 60 m sin revestimiento, con el fin de disminuir gradualmente la velocidad del flujo y evitar la erosión del cauce al final de la rectificación.

De forma similar al estudio de funcionamiento hidráulico de condiciones actuales, se llevó a cabo la revisión y análisis de las secciones de rectificación propuestas bajo flujo no permanente, empleando MIKE 11.

Las condiciones de lluvia y funcionamiento analizadas fueron:

- $Tr = 5$ años, sin considerar las descargas de la presa Villa Victoria y la Planta potabilizadora Los Berros.

- Tr = 5 años, considerando las descargas de la Villa Victoria y la Planta potabilizadora Los Berros.
- Tr = 15 años, sin considerar las descargas de Villa Victoria y la Planta potabilizadora Los Berros.
- Tr = 15 años, considerando las descargas de la Villa Victoria y la Planta potabilizadora Los Berros.

Además de las condiciones anteriores se analizó el caso en el que falla la planta de bombeo 5, a la cual se manda el agua de la Planta Potabilizadora Los Berros; en este caso el tanque de aguas claras se desaloja a través de un canal que descarga en el río El Salitre en el cadenamiento 2+640 (Incorporación 5). Para ello se consideraron las siguientes condiciones:

- Tr = 15 años, considerando las descargas de la presa Villa Victoria y la Planta potabilizadora Los Berros y un hidrograma de entrada en el cadenamiento 2+640, que comienza cuando se presenta el pico en el río El Salitre y la descarga de $19 \text{ m}^3/\text{s}$ (capacidad máxima de la Planta potabilizadora Los Berros) durante seis horas; con el fin de revisar el funcionamiento del río bajo las condiciones de diseño.
- Tr = 2 años, considerando las descargas de la presa Villa Victoria y la Planta potabilizadora Los Berros y un gasto constante de $19 \text{ m}^3/\text{s}$; con el fin de revisar el funcionamiento en caso de que simultáneamente a la falla de la planta de bombeo 5, se presente una lluvia ordinaria de 2 años de periodo de retorno.

De la revisión del funcionamiento hidráulico del proyecto se determinó que el cauce rectificado funciona de forma adecuada, tanto para el periodo de retorno de 5 años, como para el de 15 años.

Con el fin de proporcionar las bases técnicas necesarias al diseño estructural del canal y el puente, se cavaron tres pozos a cielo abierto, a partir de cuyas muestras (alteradas e inalteradas) se llevó a cabo el estudio de mecánica de suelos, cuyos resultados se pueden consultar en el Capítulo 5 del *Anexo 1*.

A partir del estudio de mecánica de suelos, se determinó que la capacidad de carga admisible para la cimentación del puente es de 24.09 ton/m^2 . Además, se establecieron los valores de inclinación de los taludes de las secciones hidráulicas, así como la estabilidad de las excavaciones dentro del margen de seguridad establecido en la normatividad aplicable.

Se realizó el análisis y diseño estructural, tanto del canal, como del puente por cargas gravitacionales, cargas sísmicas y estados límite de servicio; éste se puede consultar en el *Anexo 1*.

Por lo antes expuesto, se considera técnicamente factible la ejecución del proyecto “Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México”.

- **Estudio legal**

En el Anexo 6 Factibilidad legal se detalla los ordenamientos jurídicos que sustentan las facultades conferidas a la Comisión Nacional del Agua a través del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.

Los fundamentos que sustentan el marco legal para la realización del proyecto de inversión *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México*, tienen como primer antecedente a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Constitución) en su **Artículo 27**. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

Son propiedad de la Nación las aguas de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República.

La Ley de Aguas Nacionales establece que la CONAGUA, a través de los Organismos de Cuenca, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, o en concertación con personas físicas o morales, deberá construir y operar, según sea el caso, las obras para el control de avenidas y protección de zonas inundables, así como caminos y obras complementarias que hagan posible el mejor aprovechamiento de las tierras y la protección a centros de población, industriales y, en general, a las vidas de las personas y de sus bienes, conforme a las disposiciones del Artículo 96 BIS 2 en el cual se consideran como obras públicas necesarias aquellas regulen y conduzcan el agua, para garantizar la disponibilidad y aprovechamiento del agua en las cuencas, salvo en los casos en los cuales hayan sido realizadas o estén expresamente al cargo y resguardo de otros órdenes de gobierno; controlen, y sirvan para la defensa y protección de las aguas nacionales, así como aquellas que sean necesarias para prevenir inundaciones, sequías y otras situaciones excepcionales que afecten a los bienes de dominio público hidráulico; sin perjuicio de las competencias de los Gobiernos Estatales o Municipales;

Con base en los fundamentos jurídicos (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Ley de Aguas Nacionales, Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Decreto de creación de la Comisión Nacional del Agua, Reglamento interior de la Comisión Nacional del Agua y del Acuerdo por el que el Director General de la Comisión Nacional del Agua delega atribuciones al Director General del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México) detallados en el Anexo 6, se considera que la *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México*, es factible de llevarse a cabo desde el punto legal, dado que el río El Salitre también llamado Tilostoc perteneciente a la cuenca del río Balsas, tiene su origen en el norponiente del Estado de México y sobre su curso se ubica la Presa Villa Victoria, después de la cual fluye con dirección suroeste, durante su trayecto pasa cerca de la Planta Potabilizadora Los Berros, de la cual salen dos canales de descargas que vierten en el río El Salitre, el primero es el canal por el que

se drenan las aguas resultantes del lavado de los tanques sedimentadores, mientras que el segundo es aquel por el que se desalojan los excedentes, o bien, el caudal total de la planta en caso de que falle la planta de bombeo 5, considerando que el río de manera indirecta coadyuva en parte de la operación del Sistema Cutzamala, cuya administración depende del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM), el cual está facultado para que éste contribuya a garantizar el abastecimiento de agua potable al Estado de México y a la Ciudad de México, con base en acuerdos establecidos y preservando el derecho al acceso al agua, del cual gozan los habitantes de estas demarcaciones, según lo establece la Constitución.

La inversión para llevar a cabo este proyecto estará a cargo, conforme al reglamento de la CONAGUA, de la Gerencia de Infraestructura de Protección en Ríos y de Distritos de Temporal, la cual será transferida, para su ejecución, al OCAVM.

- **Estudio ambiental**

El uso actual que se le da al suelo en el sitio y sus alrededores es agrícola de temporal, existen estanques piscícolas e invernaderos, así como, una superficie de pastizales y árboles. El objetivo del proyecto es evitar inundaciones por desbordamiento del río y que se vean afectadas estas superficies de producción.

En el Anexo 7 se describe los resultados del diagnóstico ambiental del impacto por las obras del proyecto, en la etapa de construcción, los impactos que se obtendrían al ejecutar el proyecto serían impactos moderados en la alteración en el tránsito natural del río y en la pérdida de vegetación natural, por lo que es importante efectuar medidas de mitigación ante estos impactos moderados al ambiente.

Al ser un proyecto localizado en las inmediaciones del Sistema Cutzamala, se considera dentro de un área con impacto ambiental previo y considerando que el objetivo de la ejecución del proyecto obedece a obras con fines preventivos que salvaguarden una posible situación de emergencia de inundación y siendo una obra de competencia federal, se podría sustentar en lo previsto en el Artículo 7° del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), asumiendo que para el cumplimiento de los requisitos en materia de evaluación del impacto ambiental, será suficiente con dar aviso a la SEMARNAT de las obras del proyecto, para que la Secretaría determine si es necesario la presentación de una manifestación de impacto ambiental, o si las acciones no requieren ser evaluadas y, por tanto, pueden realizarse sin contar con previa autorización.

- **Estudio de mercado**

Dado que no existe información adicional a la plasmada en el análisis oferta-demanda este punto no se describe.

4.11 Análisis de la oferta

La capacidad media actual del cauce en condiciones actuales es de 25.10 m³/s, al llevarse a cabo el proyecto de rectificación la capacidad de gasto máximo promedio del cauce rectificado es de 58.0 m³/s con velocidades en el tramo rectificado entre 2.2 y 3.7 para Tr = 15 años, velocidades permisibles para los materiales de revestimiento y que contribuirán a evitar el azolvamiento del río.

Tabla 4.10 Oferta del tramo rectificado

Tramo (Km)	Gasto acumulado (m ³ /s)
0+000 a 2+640	44
2+640 a 3+117.61	58

4.12 Análisis de la demanda actual

Considerando la capacidad media actual del cauce en condiciones actuales es de 25.10 m³/s, así como las lluvias que se presentaron el 26 de septiembre de 2015, causando importantes afectaciones a cultivos, invernaderos y tanques piscícolas, tienen un periodo de retorno de 2 años y que generaron, junto con las descargas de la presa y la planta, un gasto pico de 35 m³/s.

Tabla 4.11 Demanda actual

Río el Salitre	Gasto (m ³ /s)
Capacidad media actual	25
Descargas de lluvias entre el 10 del 26 de septiembre de 2015	35

Como ya se mencionó en el punto 3.3, al considerar la ocurrencia de lluvia para un periodo de 15 años, en el hidrograma por cuenca propia, el gasto máximo promedio del tramo entre los cadenamientos 2+640 y 3+117.61, es de 58 m³/s.

4.13 Interacción oferta-demanda

Si se considera que las condiciones climáticas se comportarán como en la actualidad, donde la demanda es de 25 m³/s, la interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del proyecto de inversión sería favorable teniendo una capacidad adicional de 33 m³/s, tal como se describe en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12 Interacción entre la oferta-demanda condiciones actuales

Interacción	Gasto (m ³ /s)
Oferta: Capacidad actual del tramo del río El Salitre de 3.1km.	25
Demanda: Capacidad del cauce rectificado 3.1 km.	58
Superávit	33

Al considerar la ocurrencia de lluvia de un Tr de 15 años, la interacción entre la oferta y la demanda sería igual a 0 m³/s con lo que aun así el proyecto estaría satisfaciendo la demanda requerida, tal como se muestra en la siguiente Tabla 4.12.

Tabla 4.13 Interacción entre la oferta-demanda con Tr=15 años

Interacción	Gasto (m ³ /s)
Oferta: Capacidad actual del tramo del río El Salitre de 3.1km.	58
Demanda: Capacidad del cauce rectificado 3.1 km.	58
Interacción oferta-demanda	0

5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

Para realizar los cálculos correspondientes a la evaluación socioeconómica del *Rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México*, tiene su base en la determinación de las ventajas que ofrecerá a la población en términos de ahorros en los daños por inundación, causados a zonas agrícolas, en comparación con la inversión requerida para reducir dichos daños. El objetivo es encontrar la relación entre los beneficios que recibirá la población con la realización del proyecto y los costos en que incurrirá la nación para proporcionarlos.

Para lo anterior, se realizó una comparación del escenario con proyecto y sin proyecto. La comparación de ambos escenarios implica el análisis de las relaciones entre la oferta y demanda de la infraestructura actual para el incremento de la capacidad de conducción del río El Salitre.

Otros aspectos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación y mantenimiento, así como los montos de inversión correspondientes a la situación con proyecto.

Los montos de inversión del proyecto están compuestos por la inversión inicial y los gastos programados para su futuro mantenimiento. Para evaluar el proyecto a lo largo de su vida útil, se generaron flujos de beneficios y costos, empleando una tasa de actualización que refleje las preferencias por el gasto inmediato o diferido. En este caso se utilizó una tasa de actualización del 10%, de acuerdo con los lineamientos emitidos de la SHCP.

La rentabilidad del proyecto se calculó considerando los indicadores: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

5.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos del proyecto de inversión

Los costos asociados a la realización del proyecto se dividen en costos de inversión y costos de mantenimiento.

Costos de inversión

Los costos incluidos en esta clasificación son todos aquellos que se erogarán para la compra de materiales y equipo, mano de obra requeridos para la ejecución del proyecto. Los montos utilizados para la presente evaluación son precios al año 2018 y se tomaron del proyecto ejecutivo (*Anexo 1, Anexo 5*).

Tabla 5.1 Monto total de la inversión

No.	Concepto	Precios privados	Precios sociales
1	Rectificación del río El Salitre, tramo de 3.1 km, desde 100 m aguas arriba de la confluencia con el canal de descarga de los tanques sedimentadores de la PPB, hasta 100 m aguas abajo del puente de la carretera que se dirige a la localidad de San Cayetano.	\$ 52,784,178.86	\$52,784,178.86
2	Puente ubicado en el cadenamiento 3+000	\$728,413.31	\$728,413.31
3	Estructura de transición, cadenamiento 2+960	\$96,441.15	\$96,441.15
	Subtotal	\$53,609,033.32	\$53,609,033.32

No.	Concepto	Precios privados	Precios sociales
	IVA	\$8,577,445.33	0
	Total	\$62,186,478.66	\$53,609,033.32

Costos de mantenimiento

Son los recursos necesarios para conservar o mantener los activos en condiciones adecuadas de operación y que no implican un aumento en la vida útil o en la capacidad de diseño de los activos comprendidos en el proyecto.

El costo total anual para darle mantenimiento a la infraestructura contemplada en este proyecto es de 296,105.99 pesos.

Este programa de mantenimiento incluye el desazolve de la infraestructura hidráulica una vez al año, practicada por OCAVM, por costo unitario de \$129.91 $\$/m^3$.

Tabla 5.2 Consto de mantenimiento

Longitud (m)	Cantidad (m^3)	Precio unitario 2018 $\$/m^3$	Precio unitario 2018 $\$/m$	Precios 2018 (\$)
3,100	2,279.28	129.91	95.52	296,105.99

Fuente: Datos OCAVM

5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto de inversión

En la estimación de los beneficios es necesario considerar que las obras proyectadas están orientadas a reducir o eliminar las inundaciones generados por el desbordamiento del río.

Beneficios tangibles:

- Ahorro en pago de indemnizaciones por daños a cultivos
- Evitar el paro de actividades derivadas de manifestaciones del movimiento social Mazahua.

Beneficios intangibles:

- Disminución de manifestaciones por reclamo de daños del movimiento social Mazahua.
- Habilitación de circulación al no generarse bloqueos de calles ante manifestaciones
- Aseguramiento de la operación de la planta potabilizadora al evitar su toma.

“Es importante mencionar que en ocasiones ciertos intangibles en proyecto de inversión pueden ser aún más importantes que los beneficios explícitamente valorados, que a pesar de arrojar una rentabilidad negativa, son recomendables por los beneficios que reportan a la salud humana, la preservación del medio ambiente o razones de seguridad nacional; es importante que este tipo situaciones en este tipo de

proyectos sean del conocimiento de los tomadores de decisiones con la finalidad de no dejar de lado los beneficios intangibles, por el hecho de no poder valorarlos”¹.

El principal beneficio que se espera con la ejecución del proyecto, se refiere a que, la CONAGUA evitará los pagos de indemnizaciones por la consecuencia de las inundaciones en las zonas aledañas al río, que provocan daños a zonas agrícolas, asimismo, la disminución de manifestaciones, bloqueos y retención de materiales por parte del movimiento social Mazahua, los cuales impactan a la operación de la Planta Potabilizadora Los Berros.

Para la cuantificación y valoración de los beneficios asociados a la ejecución de este proyecto, se tomó como base la información oficial del OCAVM, ya que cuenta con la identificación y valoración de estos daños a las zonas agrícolas (pago por indemnizaciones), valuadas por el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN).

Dado lo anterior, se consideraron los montos de pagos de indemnizaciones valuados por el INDAABIN como los montos de beneficios cuantificables que se tendrían del proyecto, así como el supuesto de cuantificación de beneficios que obtendrían al evitar que dejara de operar la planta potabilizadora por el lapso de un día por falta de algún material retenido y/o por bloqueo que obliguen a realizar un paro de operaciones del Sistema Cutzamala.

Cabe mencionar que, este supuesto solo considera el costo por metro cubico que el OCAVM dejaría de percibir al dejar de entregar el agua en bloque.

Tabla 5.3 Beneficios por ahorro en pago de indemnizaciones

Beneficios por ahorro en pago de indemnizaciones	Importe (\$)
Importe pagado por indemnización durante el periodo de 2012 al 2015.	\$17,353,587.00
Pago anual promedio	\$4,338,396.70

Datos OCAVM.

Tabla 5.4 Beneficio ante el supuesto de cierre de la planta potabilizadora Los Berros

Datos	Costos
Costo m ³	\$6.3811
Caudal tratado	14.7 m ³ /s
Caudal tratado en un día	1,270,080 m ³
Caudal tratado de la Planta Potabilizadora Los Berros (1 día)	\$8,104,507.49
Caudal tratado de la Planta Potabilizadora Los Berros (1 hr)	\$337,687.81

Datos OCAVM.

5.3 Indicadores de rentabilidad

Los indicadores para determinar la rentabilidad del proyecto corresponden al Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y al Costo Anual Equivalente (CAE) , los cuales fueron evaluados para la alternativa seleccionada.

¹ CONAGUA, “Manual de Ingeniería de Ríos”, Evaluación de proyectos, Capítulo 24, 1993

El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el “presente”. Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios. El resultado del análisis del VPN del proyecto resulta positivo \$ 52,320,348.98

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio del proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada. Para el caso del proyecto la TIR se estima en 19%.

La TRI es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo para el programa o proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución.

En el *Anexo 8 Memoria de cálculo* se incluye el cálculo de los indicadores de rentabilidad resultantes del análisis del proyecto de inversión.

Tabla 5.5 Indicadores de Rentabilidad

Indicadores financieros	Indicadores
Valor Presente Neto (VPN)	\$52,320,348.98
Tasa Interna de Retorno (TIR)	19%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	20%

5.4 Análisis de sensibilidad

Las variables que se consideraron para el análisis de sensibilidad fueron: el monto de inversión, los costos de mantenimiento, pago de indemnizaciones y pérdidas por paro de la planta potabilizadora Los Berros.

En el análisis de sensibilidad, con respecto a la variación de la inversión, se obtuvo que, se cuenta con un rango del 84.13% en el incremento de la inversión para que el proyecto continúe siendo rentable, mientras que la sensibilidad, con respecto a la variable de las pérdidas económicas por el paro de la planta potabilizadora, es un poco significativa, ya que, si dichos costos llegarán a reducirse a un 31.52%, el proyecto dejaría de ser rentable.

Para los casos donde se analizó la sensibilidad por variación de los costos de mantenimiento y de pago de indemnizaciones, se observó que es despreciable su sensibilidad, dado a que, la variación porcentual para que el proyecto deje de ser rentables es muy grande.

El análisis de sensibilidad se integra en el Anexo 8 del presente documento.

Tabla 5.6 Análisis de sensibilidad de la rectificación del río El Salitre (inversión)

Variación en Inversión	VPN	TIR
150	\$ 21,227,109.65	13%
140	\$ 27,445,757.52	14%
130	\$ 33,664,405.38	15%
120	\$ 39,883,053.25	16%
110	\$ 46,101,701.12	18%
100	\$ 52,320,348.98	19%
90	\$ 58,538,996.85	22%
80	\$ 64,757,644.71	24%
70	\$ 70,976,292.58	28%
60	\$ 77,194,940.44	33%
50	\$ 83,413,588.31	39%
184.13	\$ -	10%

Tabla 5.7 Análisis de sensibilidad de la rectificación del río El Salitre (pago de indemnizaciones)

Variación de pago de indemnización	VPN	TIR
150	\$ 72,769,196.28	23%
140	\$ 68,679,426.82	22%
130	\$ 64,589,657.36	22%
120	\$ 60,499,887.90	21%
110	\$ 56,410,118.44	20%
100	\$ 52,320,348.98	19%
90	\$ 48,230,579.52	19%
80	\$ 44,140,810.06	18%
70	\$ 40,051,040.60	17%
60	\$ 35,961,271.14	17%
50	\$ 31,871,501.69	16%
-28	\$ -	10%

Tabla 5.8 Análisis de sensibilidad de la rectificación del río El Salitre (pérdidas por paro de la planta potabilizadora)

Variación de pérdidas por paro de planta	VPN	TIR
150	\$ 90,520,598.42	26%
140	\$ 82,880,548.54	25%
130	\$ 75,240,498.65	23%
120	\$ 67,600,448.76	22%
110	\$ 59,960,398.87	21%

Variación de pérdidas por paro de planta	VPN	TIR
100	\$ 52,320,348.98	19%
90	\$ 44,680,299.09	18%
80	\$ 37,040,249.20	17%
70	\$ 29,400,199.32	15%
60	\$ 21,760,149.43	14%
50	\$ 14,120,099.54	13%
31.52	\$ -	10%

Tabla 5.9 Análisis de sensibilidad de la rectificación del río El Salitre (costo de mantenimiento)

Variación de costo de mantenimiento	VPN	TIR
150	\$ 50,924,666.06	19%
140	\$ 51,203,802.64	19%
130	\$ 51,482,939.23	19%
120	\$ 51,762,075.81	19%
110	\$ 52,041,212.40	19%
100	\$ 52,320,348.98	19%
90	\$ 52,599,485.57	19%
80	\$ 52,878,622.15	20%
70	\$ 53,157,758.73	20%
60	\$ 53,436,895.32	20%
50	\$ 53,716,031.90	20%
1974.36	\$ -	10%

5.5 Análisis de riesgos

Los riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto de inversión se describen en la siguiente tabla:

Riesgo	Comentarios/Probabilidad
Incrementos significativos en el costo de inversión de las obras.	Baja. Los costos estimados se apoyan en la realización del estudio de factibilidad de las obras, se considera que existe un nivel alto de confiabilidad en los costos.
Falta de presupuesto para la realización del proyecto.	Alto Dado a la transición del gobierno no se asigne presupuesto para proyecto.

Riesgo	Comentarios/Probabilidad
Falta de autorización para la reconstrucción del puente vehicular.	Medio La Junta de Caminos del Gobierno del Estado de México no esté de acuerdo con la modificación del puente.
Impedimento de la ejecución del proyecto por grupos ambientalistas.	Media. Grupos ambientalistas podrían estar en contra con la modificación natural del cauce.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con base a la información proporcionada por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, complementada con la información obtenida del proyecto ejecutivo e información documental obtenida se considera lo siguiente:

El Sistema Cutzamala es la principal fuente de abasto sustentable de agua potable para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), debido a esto el Sistema es de gran importancia para el abastecimiento de agua a la ZMVM y es de suma relevancia que se pueda asegurar su operación.

El proyecto cuenta con los elementos de factibilidad técnica, legal y ambiental para su puesta en marcha.

El análisis de evaluación económica demuestra que el proyecto de inversión seleccionado constituye la alternativa más eficiente desde el punto de vista económico considerando los resultados de la evaluación del proyecto; Valor Presente de los Costos (VPC) de 52.3 millones de pesos, una tasa interna de retorno social de 19% superando el 10% estipulado por la SHCP, por lo que la ejecución del proyecto es benéfica en términos socioeconómicos.

El principal beneficio tangible que se espera con la ejecución del proyecto, se refiere a que la CONAGUA deje de pagar indemnizaciones a consecuencia de las afectaciones de daños a zonas agrícolas y los beneficios intangibles son la disminución de manifestaciones, bloqueos, toma de planta y retención de materiales por parte del movimiento social Mazahua, cuya acciones repercuten en la operación de la Planta Potabilizadora Los Berros.

Dado a la transición actual de autoridades gubernamentales, el principal riesgo que se identificó fue la que el proyecto de inversión no cuente con las asignaciones presupuestal requerida para su ejecución, ya que en la medida en que la asignación de recursos disminuya, es previsible que las metas planteadas no podrían ser totalmente alcanzadas, poniéndose en riesgo el proyecto.

Recomendación:

A partir de los resultados de la evaluación socioeconómica del proyecto, los beneficios e indicadores de rentabilidad obtenidos, se recomienda destinar recursos monetarios para la ejecución de las obras de rectificación del río El Salitre con la finalidad de disminuir los impactos por las inundaciones a las zonas agrícolas aledañas al río, así como las movimientos sociales que afectan la operación de la Planta Potabilizadora Los Berros del Sistema Cutzamala.

7. ANEXOS

Número del Anexo	Concepto del Anexo
Anexo 1	Proyecto ejecutivo de rectificación de 3.1 km del río El Salitre, en las inmediaciones de la Planta Potabilizadora Los Berros, del Sistema Cutzamala, Estado de México
Anexo 2	Caudales máximos transitados por tramo
Anexo 3	Levantamientos topográficos de la zona afectada
Anexo 4	Cultivos afectados
Anexo 5	Costos del proyecto de inversión
Anexo 6	Factibilidad Legal
Anexo 7	Factibilidad Ambiental
Anexo 8	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del proyecto de inversión

8. BIBLIOGRAFÍA

[https://www.gob.mx/shcp/documentos/formatos-para-facilitar-la-elaboracion-y-presentacion-de-los-analisis-costo-y-beneficio-de-los-Proyecto de inversión](https://www.gob.mx/shcp/documentos/formatos-para-facilitar-la-elaboracion-y-presentacion-de-los-analisis-costo-y-beneficio-de-los-Proyecto-de-inversion)

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf

<http://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/PDEM%202017-2023%20web.pdf>

<http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamiento-ecologico/ordenamientos-ecologicos-expedidos>

