



SISTEMA BATÁN AGUA PARA QUERÉTARO



PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE
QUERÉTARO



QUERÉTARO
GOBIERNO DEL ESTADO
Juntos Adelante.



QUERÉTARO
Comisión Estatal de Agua



Descripción General del Proyecto

Artículo 22 fracción II de la Ley de Asociaciones Público Privadas para el Estado de Querétaro, que incluya:

- a) Análisis sobre el régimen de distribución de los riesgos inherentes al Proyecto, en el que se señale la forma de determinar las contraprestaciones que reciban las partes.
- b) Especificar la incidencia del Proyecto en el cumplimiento de los objetivos de la Entidad Promovente.
- c) El proyecto de Contrato;

Lic. Luis Alberto Vega Ricoy

Vocal Ejecutivo de la Comisión Estatal de Aguas

Lic. Arturo Cevallos Molina

Coordinador de Proyectos Especiales y Administrador de Proyecto



ÍNDICE

I.	Objetivo del Documento.....	5
II.	Descripción del Proyecto	6
a)	Objetivo del Proyecto.....	6
b)	Descripción General.....	6
c)	Ubicación del Proyecto	8
d)	Infraestructura, Equipamiento y Tecnología para el Tratamiento de Agua	8
e)	PTAR Sur.....	8
f)	PTAR San Pedro Mártir	12
g)	PTAR AH	13
h)	Infraestructura, Equipamiento y Tecnología para la Potabilización de Agua	14
i)	Líneas de Conducción	14
j)	Líneas de Conducción de Aguas Regeneradas	14
k)	Líneas de Conducción o de Impulsión de Agua Potable	15
l)	Colectores y emisores.....	15
m)	Sistema de Bombeo.....	16
n)	Tanques.....	16
o)	Humedal.....	17
p)	Presa el BATÁN	19
q)	Calendario de ejecución del Proyecto	19
III.	Alineación a Planes y Objetivos (vigentes).....	20
a)	Alineación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030	20
b)	Alineación a PND	20
c)	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT 2020 – 2024) 22	
d)	Plan Hídrico Nacional.....	22
e)	Alineación a PED	23
f)	Alineación planes municipales de la ZMQ.....	24
(i)	Plan Municipal de Desarrollo, Querétaro 2024-2027	24
(ii)	Plan Municipal de Desarrollo, Ayuntamiento 2024-2027, Municipio de Corregidora 25	
(iii)	Plan Municipal de Desarrollo El Marqués 2024-2027.....	25



(iv)	Plan Municipal de Desarrollo Huimilpan 2024-2027	26
(v)	Plan Municipal de Desarrollo, Colón 2024-2027	26
IV.	Análisis de Riesgos.....	27
a)	Objetivo del Análisis de Riesgos	27
b)	Identificación de Riesgos	27
c)	Aproximación SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con un Plazo Límite)	27
d)	Descripción	28
e)	Valoración	28
f)	Asignación	28
g)	Matriz de Riesgos	29
h)	Metodología para la Etapa de Identificación de Riesgos (que resuma las etapas)	29
i)	Metodología de Priorización de Riesgos	29
j)	Definición de la Valoración de Riesgo	37
k)	Herramientas Estadísticas para la Cuantificación de Riesgos	38
l)	Resultados Obtenidos a través de la Simulación Monte Carlo para los Riesgos Identificados	39
m)	Asignación de Riesgos	41
n)	Matriz Final de Identificación de Riesgos	43
V.	Contraprestaciones	51
a)	Estimación de las contraprestaciones	51
b)	Componentes de la contraprestación	51
c)	Monto anual de las contraprestaciones	53
(i)	T1a Aportaciones de capital	55
(ii)	T1b Financiamiento	57
(iii)	T2 Operación fija	59
(iv)	T3 Volumen Producido (operación variable)	60
VI.	Análisis sobre el régimen de distribución de riesgos en contraprestaciones	62
VII.	Proyecto de Contrato	66
VIII.	Conclusiones	67
IX.	Glosario	68
X.	Tabla de Cuadros, Gráficas e Ilustraciones	69



I. Objetivo del Documento

El presente documento consiste en la *Descripción General del Proyecto* que se elabora en cumplimiento a lo establecido por los artículos 22 fracción II incisos a), b) y c) de la Ley de Asociaciones Público Privadas para el Estado de Querétaro (Ley de APP) y 27 del Reglamento de la Ley de Asociaciones Público Privadas para el Estado de Querétaro (Reglamento de APP); y tiene como objetivo establecer los alcances y componentes del Proyecto Sistema Batán.

Además, el presente documento incluye el análisis sobre el régimen de distribución de los riesgos inherentes al Proyecto Sistema Batán al estructurarse bajo un esquema de Asociación Público Privada (APP), en el que se señalan su administración con las contraprestaciones que reciban las partes que en su caso participen.

En ese mismo sentido, se desarrolla la incidencia del Proyecto Sistema Batán en el cumplimiento de los objetivos de la CEA como la Entidad Promovente, administrado con el desarrollo internacional, nacional, del estado y los municipios en donde se ejecutará el Proyecto Sistema Batán.

Además, al presente documento se anexa el modelo del contrato del Proyecto Sistema Batán, a fin de contar con más elementos que permitan conocer el alcance de la colaboración y obligaciones de la CEA y el futuro desarrollador.

Por último, se precisa que, para la elaboración del presente documento, se tomó en consideración las viabilidades y documentos elaborados por la CEA conforme al artículo 15 de la Ley de APP, así como cualquier otra documentación que obre en su expediente relativa a la integración del Proyecto Sistema Batán.



II. Descripción del Proyecto

a) Objetivo del Proyecto

El Proyecto Sistema Batán, planeado por la CEA, tiene como objetivo aprovechar el potencial de regeneración de agua en la ZMQ para incrementar la oferta de agua potable a través del Acuaférico de Querétaro.

También, el Proyecto Sistema Batán busca dar cumplimiento a lo establecido en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

- (i) NOM-001-SEMARNAT-2021: Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.
- (ii) NOM-003-SEMARNAT-1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- (iii) NOM-127-SSA1-2021: Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.
- (iv) NOM-004-SEMARNAT-2002: Protección ambiental. Lodos y biosólidos Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

b) Descripción General

El Proyecto Sistema Batán, se compone de los siguientes elementos generales:

- (i) Aumento de la capacidad y la calidad del tratamiento de aguas residuales en las instalaciones existentes de la PTAR Sur y la PTAR SPM, así como construir una nueva en Arroyo Hondo PTAR AH.
- (ii) Los procesos se llevarán a cabo con tecnología de punta conocida como MBR para la separación de sólidos y sistemas de desinfección.
- (iii) La PTAR Sur se rehabilitará, modernizará y se pondrá en operación a su capacidad a 800 litros por segundo (L/s); y la PTAR SPM se modernizará y ampliará la capacidad a 1,000 L/s. Adicionalmente se construirá la PTAR AH con capacidad de al menos 60 L/s expandible a 120 L/s.
- (iv) Líneas de conducción de Aguas Regeneradas con una distancia aproximada de 18 km dividida en dos tramos, el primer tramo inicia de la PTAR SPM hacia las



inmediaciones de la PTAR Sur, en donde convergen las Aguas Regeneradas de la PTAR Sur y la PTAR SPM en un cárcamo de bombeo del cual inicia el segundo tramo, que lleva los 1,800 L/s de caudal promedio diario de agua regenerada a uno de los afluentes formadores del vaso de la presa El Batán.

- (v) Un humedal de amortiguamiento natural con un diseño funcional mediante vegetación acuática introducida, que permita asegurar la entrada de agua renovada a la presa y la absorción de nutrientes, proporcionando así un margen de seguridad adicional.
- (vi) Las aguas provenientes de las PTAR Sur se incorporarán a la corriente principal formadora del vaso de la presa El Batán y posteriormente se mezclarán con las aguas resultantes de los escurrimientos naturales de la cuenca del río Huimilpan que desembocan en la presa.
- (vii) El agua será extraída del vaso mediante la construcción de una obra de toma que bombeará el agua a la Planta Potabilizadora, con tecnología avanzada, que garantizará que las aguas resultantes sean potables. La planta potabilizadora tendrá un gasto de diseño de 1,800 L/s de caudal promedio diario.
- (viii) Una vez potabilizada el agua, se realizará una regulación mediante un tanque con capacidad aproximada de 30,000 m³ y se colocará una casa de máquinas de la cual se impulsarán y distribuirán las aguas en tres derivaciones o líneas de impulsión o distribución:

1. La primera línea de impulsión con una distancia aproximada de 5.5 km, iniciando en la Planta Potabilizadora hasta la conexión con el Acuaférico.
2. La segunda línea de impulsión con una distancia aproximada de 4.0 km, iniciando en la Planta Potabilizadora hasta el Tanque El Progreso.
3. La tercera línea de impulsión con una distancia aproximada de 15.0 km, iniciando en la Planta Potabilizadora hasta un nuevo tanque que se ubicará en la zona suroriente de la ZMQ.

- (ix) Este proyecto de agua requiere de cinco sistemas de bombeo:

1. Bombeo desde el cárcamo de la PTAR SPM para conducir agua y confluir con el efluente regenerado en la PTAR Sur. La capacidad de bombeo de este sistema será de 1,000 L/s.
2. Bombeo desde el cárcamo ubicado en el predio donde se ubica la PTAR Sur para conducir las aguas de las PTARs SPM y Sur hacia a uno de los afluentes formadores del vaso de la presa El Batán. Este sistema requiere de una capacidad de bombeo de 1,800 L/s de caudal promedio diario.



3. Bombeo en obra de toma flotante para extraer 1,800 L/s de caudal promedio diario del vaso de la presa El Batán, para conducir el agua al cárcamo de bombeo de la planta potabilizadora.
4. Bombeo en cárcamo en la margen derecha norte del vaso de la presa El Batán para extraer 1,800 L/s de caudal promedio diario y descargarla en la Planta Potabilizadora.
5. Bombeo para entregar el agua de la planta potabilizadora al sistema de las líneas de impulsión o distribución que alimentarán al Acuaférico.

c) Ubicación del Proyecto

La infraestructura del Proyecto Sistema Batán se desarrollará en los municipios de Querétaro y Corregidora del Estado de Querétaro. A continuación, se presenta la descripción de los principales elementos del Proyecto Sistema Batán.

d) Infraestructura, Equipamiento y Tecnología para el Tratamiento de Agua

El Proyecto Sistema Batán contempla 3 (tres) plantas de tratamiento: PTAR Sur, PTAR SPM y PTAR AH. Para las 2 (dos) primeras, que ya existen, se contempla la ampliación y modernización de las plantas; mientras que en Arroyo Hondo se construirá una nueva.

En el caso de las primeras el objetivo es ampliar su capacidad y modernizarlas para que cumplan con la nueva Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la Nación y la NOM-003-SEMARNAT-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

El objetivo de incremento de capacidad es:

- a. PTAR Sur: La capacidad se amplía de 400 L/s a 800 L/s.
- b. PTAR SPM: La capacidad se amplía de 750 L/s a 1,000 L/s.
- c. PTAR AH: Creación de una nueva planta con capacidad de al menos 60 L/s.

e) PTAR Sur

La PTAR Sur se ubica en el Municipio de Corregidora del Estado de Querétaro, en la localidad denominada "El Pueblito". De acuerdo con el inventario de plantas de la CONAGUA trataba un caudal promedio de 363.16 L/s. La tecnología que se utilizó en esta planta hasta antes de su última rehabilitación fue la de filtros percoladores, sin embargo,



la planta presentó deficiencias en su operación, ocasionando que los vecinos se quejaran de malos olores y fauna nociva en la planta y sus alrededores. El efluente de la planta se descarga al río Querétaro y su principal destino es el riego agrícola.

El tren de tratamiento en la PTAR Sur, actualmente consta de un pretratamiento con cribado grueso y fino de operación manual, canales desarenadores, un cárcamo de bombeo, dos sedimentadores primarios de concreto, cuatro reactores biológicos de concreto (filtros percoladores), dos sedimentadores circulares de concreto y dos reactores biológicos metálicos circulares para los lodos activados, con sus correspondientes sedimentadores circulares metálicos. Seguido de los sedimentadores circulares, se cuenta con un tanque de contacto de cloro para la desinfección con Hipoclorito de sodio al 13%.

En cuanto a la tecnología, en el caso de la PTAR Sur se transformará de utilizar un sistema de lodos activados en la modalidad de aireación extendida a un tren de tratamiento anóxico-aerobio con MBR y desinfección final mediante el proceso de ozonificación.

El sistema MBR es una variante del proceso de lodos activados y como todo proceso biológico requiere de un pretratamiento que implique la eliminación de los materiales gruesos, arenas y grasas. Posteriormente el agua pasa al tratamiento primario, donde se disminuye la concentración de sólidos en suspensión y materia orgánica. El efluente del tratamiento primario ingresará a los reactores biológicos que contemplan una etapa anóxica para la remoción de nutrientes, etapa aerobia o de oxidación y la etapa del proceso con MBR, posterior a la cual se propone una desinfección mediante un proceso de ozonificación.

El gasto de diseño de la planta será de 800 L/s, con una capacidad de regulación en sus tanques homogeneizadores de 4 horas con la finalidad de operar a caudal constante.

Con la tecnología MBR propuesta, es factible alcanzar altas eficiencias de remoción de diversos componentes, incluyendo microorganismos. Los MBR se definen como una combinación de: un reactor biológico responsable de la biodegradación de la materia orgánica a través de microorganismos y un módulo de membranas ya sea de micro o ultrafiltración para la separación física sólido-líquido del licor mezclado.

El sistema está conformado por un reactor, un módulo de membranas, soplador de aire, medidor de presión negativa (vacuómetro), medidor de flujo y bomba de succión/retrolavado. En la línea del permeado se encuentran válvulas que permiten abrir o cerrar automáticamente las líneas de agua para llevar a cabo la succión y el retrolavado del MBR. Este sistema tiene un tablero de control que permite ajustar los tiempos de arranque y paro de la bomba. Una parte del Agua Tratada se almacena en un tanque de



permeado el cual se utiliza para realizar el retrolavado de las membranas con el objetivo de disminuir el ensuciamiento de las membranas. Adicionalmente estos reactores cuentan también con una zona anóxica, la cual permite llevar a cabo el proceso de desnitrificación y abatir las concentraciones de nitrógeno presentes en el agua residual.

La limpieza del sistema podrá realizarse con una solución química de manera periódica sin necesidad de desmontar las membranas.

Los MBR se usan exitosamente para el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización.¹ Los sistemas MBR operan con tiempos de residencia hidráulicos (TRH) inferiores a los del sistema de lodos activados, lo que implica que, para un mismo flujo volumétrico, el MBR demande un volumen menor para el reactor, además de que al no requerir sedimentador secundario se optimiza el área disponible

Con el uso de la nueva tecnología en esta planta de tratamiento se cumplirá efectivamente con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y la NOM-001-SEMARNAT-2021 que establecen los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la Nación. En adición, se puede afirmar, que la PTAR Sur, al concluirse su rehabilitación y modernización con tecnología de punta, cumplirá más allá de lo dispuesto por la citada norma. Esta condición es esencial dado que los efluentes se convierten en las aguas regeneradas que se verterán en un afluente próximo a la presa El Batán.

El tratamiento de lodos es indispensable cuando se lleva a cabo el tratamiento de agua residual, ya que debe tratarse para reducir su volumen y eliminar los patógenos de acuerdo con la norma NOM-004-SEMARNAT-2002 que permita una adecuada disposición final.

(i) Operaciones y Procesos Propuestos para el Tratamiento de Lodos de PTAR Sur

El diseño y la operación de los procesos de tratamiento de lodos buscan garantizar su manejo eficiente y sustentable, cumpliendo con los estándares regulatorios establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002, así como maximizar las posibilidades de aprovechamiento de los biosólidos. A continuación, se describen los procesos considerados:

1. Espesamiento

El espesamiento tiene como objetivo reducir el volumen del lodo mediante la eliminación parcial de agua y aumentar la concentración de sólidos suspendidos, optimizando el

¹ (Stephenson et al. Membrane Bioreactors for Waste Treatment, IWA Publishing, 2000).



manejo posterior. La evaluación de este sistema se realizará considerando las características específicas del lodo generado y los caudales proyectados.

2. Estabilización

La estabilización es fundamental para reducir los olores y la presencia de organismos patógenos, así como para mejorar las condiciones de manejo de los lodos. Se proponen 2 (dos) alternativas principales, consistentes en:

- Estabilización biológica aeróbica: Recomendada para proyectos donde la producción de lodos sea moderada y se disponga de espacio suficiente, asegurando la reducción de patógenos y el control de olores.
- Estabilización anaerobia: Ideal para aprovechar el potencial energético del biogás generado, especialmente el metano, mediante su captura y posible valorización energética. Este sistema será evaluado en función del balance costo-beneficio, considerando la producción esperada de lodos.

Ambas opciones deben garantizar una reducción significativa de patógenos y cumplir con los estándares de calidad establecidos para su disposición o aprovechamiento.

3. Deshidratación

La deshidratación se lleva a cabo para reducir la humedad y el volumen del lodo, incrementando su contenido de sólidos. Esto no solo disminuye los costos de transporte, sino que también mejora el manejo y almacenamiento de los biosólidos. Para el Proyecto Sistema Batán, se considera la tecnología de deshidratadores de tipo tornillo.

La selección del sistema dependerá de la evaluación técnica y económica, considerando factores como la cantidad de lodos generados y las características físicas de los mismos tras el acondicionamiento.

4. Acondicionamiento

Antes de las etapas de espesamiento y deshidratación, se requiere el acondicionamiento de los lodos mediante la adición de coagulantes y/o polímeros, que confieren al lodo una consistencia gelatinosa. Este tratamiento mejora la separación de agua, facilitando las etapas posteriores y optimizando el rendimiento de los equipos.

5. Proceso de tratamiento de lodos

En el caso específico de los lodos provenientes del espesador y digestor de lodos generados después del proceso de separación en el reactor biológico (separados por el sistema de membranas), se plantea el siguiente proceso de tratamiento:

- Espesamiento por gravedad.

- Digestión aerobia.
- Deshidratación, empleando deshidratadores tipo tornillo como opción inicial, con posibilidad de escalar a sistemas más avanzados dependiendo de las necesidades del Proyecto Sistema Batán.

6. Disposición final y aprovechamiento

La disposición final de los biosólidos, en caso de no ser aprovechados, se realizará en un relleno sanitario autorizado, cumpliendo estrictamente con la NOM-004-SEMARNAT-2002. Sin embargo, se busca priorizar el aprovechamiento de los biosólidos mediante su clasificación como Clase B y calidad Excelente o Buena, permitiendo su uso como:

- Mejoradores de suelo.
- Aplicaciones forestales y agrícolas.
- Usos urbanos sin contacto directo con el público, como áreas verdes o campos deportivos.

Cuadro1. Clasificación de lodos bajo la NOM-004-SEMARNAT-2002

Tipo	Clase	Aprovechamiento de biosólidos
Excelente	A	• Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecimientos clase B y C
Excelente o bueno	B	• Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase C
Excelente o bueno	C	• Mejores forestales • Mejoramientos de suelos • Usos agrícolas

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002.

El tren de tratamiento propuesto debe garantizar que los biosólidos cumplan con las especificaciones técnicas y los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la normativa, promoviendo su valorización y reduciendo el impacto ambiental.

En cuanto a los efluentes de la PTAR Sur, en una primera etapa se enviarán al Dren Cimatario posteriormente en la segunda fase, estas aguas regeneradas serán bombeadas para ser descargadas en el afluente de la presa El Batán, luego de pasar por un humedal construido expreso para el Proyecto Sistema Batán.

f) PTAR San Pedro Mártir

La PTAR SPM trata aguas residuales de la ZMQ bajo un esquema de Construcción, Operación y Transferencia, que consiste en el diseño, construcción, financiación,

operación y mantenimiento durante 20 (veinte) años. Se ubica en el Municipio de Querétaro en la localidad de San Pedro Mártir, tiene una capacidad instalada de 750 L/s, pero de acuerdo con las mediciones recientes, se tratan aproximadamente entre 500 y 580 L/s. Al igual que la PTAR Sur, se plantea un incremento en el caudal, de tal manera que se traten en esta planta 1,000 L/s.

La PTAR SPM tiene una gran relevancia ya que la mayor parte de aguas residuales que recibe provienen del Municipio de Querétaro.

Los principales procesos con los que cuenta actualmente la planta son: pretratamiento compuesto por un sistema de cribas automáticas y desarenado, tratamiento primario mediante un sedimentador primario, tratamiento biológico que incluye la remoción biológica de nutrientes, seguido de un sedimentador secundario para la separación de los lodos biológicos y un sistema de desinfección mediante radiación ultravioleta. Los lodos residuales son estabilizados mediante un proceso de digestión anaeróbica termofílica, deshidratación de lodos y cogeneración con biogás para la producción de energía eléctrica y recuperación de calor.

Los aforos obtenidos en el Proyecto de Factibilidad PASAP – CEA 2023 demuestran que los aportes del sistema de colectores de la PTAR SPM pueden recibir hasta 1,100 L/s, sin embargo, con la información del proyecto de la PTAR se encontró que esta tiene una capacidad a caudal medio de 750 L/s, por lo que para poder recibir el incremento de caudal la PTAR tiene que ser modificada para incrementar el caudal de diseño de 750 L/s u operativo de 500 a 580 L/s, hasta 1,000 L/s con la calidad requerida para su reutilización.

La tecnología que se instrumentará en esta planta será similar a la PTAR Sur, es decir que, se implementará el uso del sistema MBR y desinfección por ozono, además de su respectivo proceso de pretratamiento, tratamiento primario, anóxico, aerobio, lodos y demás subproductos.

Al igual que en el caso de la PTAR Sur, en la PTAR SPM se cumplirá con la NOM-001-SEMARNAT-2021, la NOM-003-SEMARNAT-1997 y la NOM-004-SEMARNAT-2002.

g) PTAR AH

La PTAR AH será una planta nueva que se construirá con la misma tecnología que las anteriores y con una capacidad de 60 L/s .



La descarga de las Aguas Tratadas de esta PTAR será a uno de los afluentes de la presa El Batán. La PTAR AH también cumplirá con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y la NOM-001-SEMARNAT-2021.

h) Infraestructura, Equipamiento y Tecnología para la Potabilización de Agua

La planta potabilizadora contará con un tren de tratamiento para la potabilización del agua renovada de la presa El Batán. El tren iniciará con un sistema de coagulación - floculación seguido de una sedimentación lamelar para posteriormente ser filtrada mediante filtros con arena, posteriormente se implementarán los procesos de adsorción con carbón activado y se revisará el uso de un sistema a base de membranas de ultrafiltración para finalmente realizar la desinfección mediante un sistema de ozonificación.

A la salida de la potabilizadora se contará con un tanque de regulación con capacidad aproximada de 30,000 m³ y una casa de máquinas para bombear el agua potable hacia tres líneas de impulsión o distribución que conectarán con tres puntos del sistema de distribución de la ZMQ.

i) Líneas de Conducción

Las líneas de conducción permiten conectar a todos los elementos del Proyecto Sistema Batán. El Proyecto Sistema Batán contará con líneas de conducción de aguas regeneradas y líneas de conducción de agua potable.

j) Líneas de Conducción de Aguas Regeneradas

En concreto, las líneas de conducción de aguas regeneradas permitirán que el agua producida en las estaciones regeneradoras de agua se conduzca al afluente que desembocará a la presa El Batán.

Las líneas de conducción que vienen de las estaciones regeneradoras de agua tendrán una longitud de aproximadamente 18 km. La conducción se llevará a cabo a través de tuberías de hierro dúctil de altas prestaciones en cuanto a presiones y resistencia físico-química que estarán reforzadas con sistemas de bombeo y con sistemas de control supervisorio que permitirán supervisar y controlar en forma remota las líneas de conducción a través de la recopilación, transmisión y análisis de datos en tiempo real. Parte del reto de las líneas de conducción y el sistema de bombeo es la altitud de la presa El Batán, en comparación a la ZMQ.



k) Líneas de Conducción o de Impulsión de Agua Potable

Adicionalmente, se construirán líneas de impulsión de agua potable que conducirán e incorporarán el agua al sistema de distribución de agua potable de la ZMQ.

Las líneas de impulsión tendrán una longitud de aproximadamente 24 km dividida en 3 tramos. La conducción se llevará a cabo a través de tuberías de hierro dúctil de altas prestaciones en cuanto a presiones y resistencia físico-química que estarán reforzadas con sistemas de bombeo y con sistemas de control supervisorio que permitirán supervisar y controlar en forma remota las líneas de conducción a través de la recopilación, transmisión y análisis de datos en tiempo real.

La selección del diámetro y material de la tubería para el Proyecto Sistema Batán se realizará con base en un análisis hidráulico. La tubería deberá garantizar el óptimo funcionamiento en un periodo mayor a 30 (treinta) años y que otorgue ventajas energéticas de operación con mínimo mantenimiento, así como un óptimo nivel de confiabilidad.

l) Colectores y emisores

La rehabilitación e interconexión de los colectores y emisores es fundamental para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema de saneamiento. Estas acciones permitirán la incorporación adecuada de los volúmenes de aguas residuales hacia las Plantas de Tratamiento, garantizando así un manejo integral y sostenible de las aguas residuales.

En el caso de la PTAR SPM y la PTAR Sur, se llevarán a cabo trabajos de rehabilitación e interconexión en aproximadamente 1 y 5 líneas de colectores y emisores respectivamente. La ejecución de estos trabajos mejorará la capacidad y eficiencia del sistema de recolección y transporte de aguas residuales hacia las plantas de tratamiento correspondientes.

Adicionalmente, para la PTAR AH, se realizarán tanto los trabajos de construcción de la planta como la implementación de los colectores que dirigirán el flujo de las aguas residuales. Esta incorporación de tratamiento garantizará la disponibilidad de un volumen adicional de tratamiento eficiente y de calidad adecuada para su incorporación al Proyecto Sistema Batán.

m) Sistema de Bombeo

Este Proyecto de agua requiere de 5 (cinco) sistemas de bombeo consistentes en lo siguiente:

- (i) Bombeo desde el cárcamo de la PTAR SPM para conducir agua y confluir con el efluente regenerado en la PTAR Sur. La capacidad de bombeo de este sistema será de 1,000 L/s.
- (ii) Bombeo desde el cárcamo ubicado en el predio donde se ubica la PTAR Sur para conducir las aguas de las PTARs SPM y Sur hacia a uno de los afluentes formadores del vaso de la presa El Batán. Este sistema requiere de una capacidad de bombeo de 1,800 L/s de caudal promedio diario.
- (iii) Bombeo en obra de toma flotante para extraer 1,800 L/s de caudal promedio diario del vaso de la presa El Batán, para conducir el agua al cárcamo de bombeo de la planta potabilizadora.
- (iv) Bombeo en cárcamo en la margen derecha norte del vaso de la presa El Batán para extraer 1,800 L/s de caudal promedio diario y descargarla en la Planta Potabilizadora.
- (v) Bombeo para entregar el agua de la planta potabilizadora al sistema de las líneas de impulsión o distribución que alimentarán al Acuaférico.

n) Tanques

Si bien, en torno a las 2 plantas de tratamiento existentes en la ZMQ existen 2 tanques de almacenamiento para que el Proyecto Sistema Batán sea viable técnicamente, se quiere ampliar la capacidad de almacenamiento en forma congruente con los nuevos caudales que se manejan.

Cuadro 2. Tanques

Tanque	Ubicación	Función	Capacidad aproximada (m3)
1	PTAR SPM	Regulación de Influyente	18,000
2	PTAR Sur	Regulación de efluente	14,000
3	Planta Potabilizadora	Regulación de Influyente	30,000
4	Planta Potabilizadora	Regulación de efluente	30,000
5	Tanque 1 Distribución	Punto de entrega	30,000
6	Tanque 2 Distribución	Punto de entrega	6,000
7	Tanque 3 Distribución	Punto de entrega	12,000

Fuente: Elaboración propia con información de la CEA.



o) Humedal

Se instalará un humedal de amortiguamiento natural de aproximadamente 38,000 m² con un diseño funcional que actuará como una barrera natural para la absorción de nutrientes. Para su configuración, se seleccionarán especies acuáticas adecuadas para promover la fitorremediación, proporcionando un margen de seguridad adicional y fortaleciendo la viabilidad técnica del Proyecto Sistema Batán.

El humedal artificial en la presa El Batán será un tratamiento adicional para el agua del efluente de las PTAR, garantizando el cumplimiento de los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-2021, antes de ingresar a la presa. Además, podrá actuar como indicador de la vulnerabilidad a la contaminación.

Existen condiciones geomorfológicas favorables para la instalación del humedal con un flujo constante de agua, complementado por aportes pluviales que pueden influir en la carga de sedimentos y contaminantes. La vegetación de matorral crasicaule ayuda a retener el suelo y reducir la erosión; sin embargo, el cambio de uso de suelo podría aumentar estos impactos. La infiltración al subsuelo es un factor clave a considerar en el diseño del Proyecto Sistema Batán.

Dado que el objetivo del Humedal de la presa El Batán, es la reducción de contaminantes remanentes y la protección del ecosistema acuático, el diseño del humedal debe ajustarse a las condiciones locales y a la función complementaria con las PTAR. Existen distintos tipos de humedales artificiales, que varían según la vegetación (flotante, emergente o sumergida), el régimen de flujo (superficial o subsuperficial) y la dirección del flujo (horizontal o vertical). La selección deberá priorizar aquel que maximice la captura de sedimentos, la retención de nutrientes y la eficiencia en la depuración, adaptándose a las necesidades específicas del sitio.

La construcción incluirá la excavación, nivelación, instalación de estructuras, colocación de materiales filtrantes y plantación de especies vegetales adecuadas con una densidad adecuada.

El diseño y la operación del humedal requiere un equipo capacitado en ciencias ambientales y sistemas hidráulicos, además de técnicos y operarios capacitados para el mantenimiento y monitoreo del sistema. Se debe garantizar la formación continua del personal para optimizar el desempeño del humedal y asegurar su sustentabilidad a largo plazo.

Cuadro 3. Plantas de humedal

Plantas emergentes	<i>Typha domingensis</i> (Tule) <i>Eleocharis macrostachya</i> (Tul) <i>Eleocharis palustris</i> (Tule de agua) <i>Pontederia sagittata</i> (Platanillo) <i>Sagittaria latifolia</i> (Bayoneta) <i>Ludwigia peploides</i> (Duraznillo de agua)	
Plantas Flotantes	<i>Lemna minor</i> (Lenteja de agua) <i>Azolla microphylla</i> (Helecho lentejita) <i>Ceratophyllum demersum</i> (Mil hojas de agua) <i>Heliconia psittacorum</i> (Avecilla)	
Plantas Bioindicadoras de Contaminación	<i>Marathrum foeniculaceum</i> <i>Noveloa coulteriana</i> <i>Marathrum plumosum</i>	

Fuente: CEA



p) Presa el BATÁN

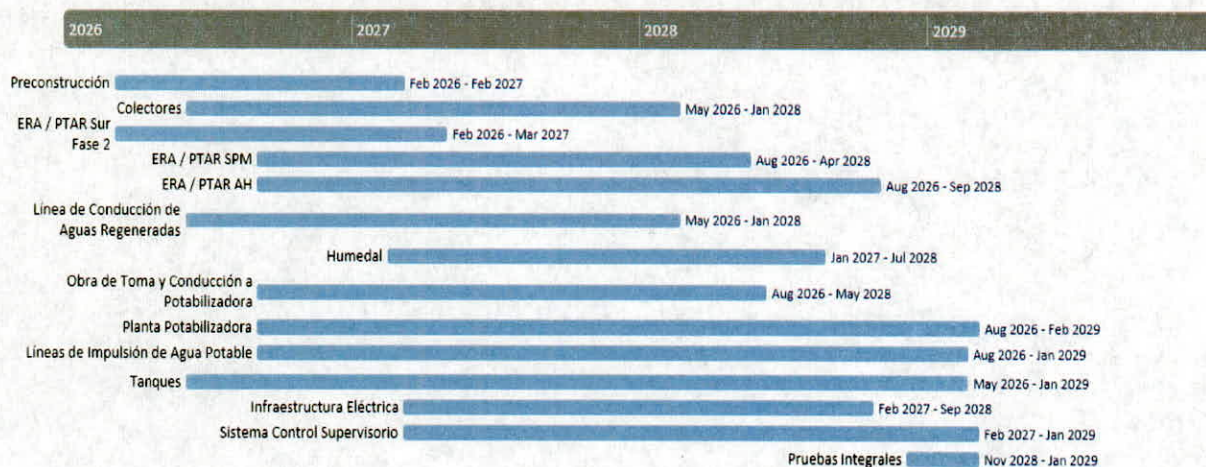
La presa El Batán se encuentra ubicada sobre el río Pueblito, afluente del río Laja y el cual contribuye al río Lerma, se encuentra en las coordenadas 20.49833, -100.40916, aguas arriba de la localidad El Pueblito, del Municipio de Corregidora del Estado de Querétaro. En su origen la presa buscó aprovechar el escurrimiento del río El Pueblito para riego de terrenos ribereños y dotar de agua a habitantes del Municipio de Corregidora. La presa tiene una cortina de 207.50m de longitud por la corona y 45.50m de altura máxima, que forma un embalse con capacidad de 8.77 millones de m³; la obra de toma es tipo torre y se ubica en la ladera izquierda, su capacidad de diseño es para un gasto de 1,200 L/s. Actualmente, la presa solo alberga un 15% de su capacidad de almacenamiento según reportes de la CONAGUA (El Universal Querétaro, 2023).

q) Calendario de ejecución del Proyecto

El Proyecto del Sistema Batán es complejo, ya que involucra obras y equipamiento en 3 (tres) plantas de tratamiento de aguas residuales, una planta de potabilización, plantas de bombeo, colectores, un humedal, líneas de conducción, tanques y una potabilizadora en diversas ubicaciones.

Por tanto, se estableció como parte de la calendarización de las obras y equipamiento que se llevarán a cabo, un periodo de 3 (tres) años, conforme a lo siguiente:

Ilustración 1. Calendario Estimado de Obras



Fuente: CEA



III. Alineación a Planes y Objetivos (vigentes)

Que conforme al artículo 22 fracción II inciso b) de la Ley de APP se procede a especificar la incidencia del Proyecto en el cumplimiento de los objetivos de la Entidad Promovente, es decir de la CEA.

En ese sentido, el Proyecto Sistema Batán contribuye a la consecución de los objetivos y estrategias establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024, así como con el Programa Nacional Hídrico 2020-2024, el Plan Estatal de Desarrollo de Querétaro 2021-2027 y los Planes Municipales de Desarrollo, de acuerdo con lo siguiente:

a) Alineación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030

La Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible aprobada por la ONU, comprende 17 objetivos que abarcan temas como pobreza, salud y bienestar, educación, igualdad de género, energía no contaminante, derechos sociales básicos, crecimiento económico, innovación, inclusión social, agua y saneamiento.

De los 17 objetivos, el Objetivo 6 de la Agenda 2030 hace referencia a garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, por lo que el Proyecto se alinea directamente al logro de este objetivo sobre el desarrollo sostenible, contribuyendo a la siguiente meta específica dentro de este objetivo:

6.1 Para 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable segura y asequible para todos.

b) Alineación a PND

El Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 contempla cuatro ejes generales:

1. Gobernanza con justicia y participación ciudadana
2. Desarrollo con bienestar y humanismo
3. Economía moral y trabajo
4. Desarrollo sustentable

El eje general 4 señala que “es esencial garantizar el derecho humano al agua mediante una distribución equitativa y el desarrollo de infraestructura que lleve agua potable a todas las comunidades. Esto incluye proyectos de saneamiento, rehabilitación de redes



hídricas y tratamiento de aguas saladas para su aprovechamiento. La protección de fuentes acuíferas se vuelve una necesidad urgente ante los crecientes desafíos del cambio climático, la sobreexplotación y la contaminación.”

Dentro del diagnóstico que el Gobierno Federal realizó respecto a este tema se puede leer en el Plan Nacional de Desarrollo “En México, la disponibilidad de agua per cápita ha disminuido drásticamente, pasando de 17,742 a 3,656 metros cúbicos por habitante en siete décadas, con una proyección de solo 3,285 metros cúbicos para 2030”, además señala como una necesidad el impulsar proyectos que maximicen la reutilización de los volúmenes de agua tratados en las ciudades.

El Proyecto de inversión está alineado con el Eje 4. Desarrollo sustentable, el cual en el objetivo 4.6 establece “Garantizar el derecho al agua mediante una gestión eficiente, sustentable y resiliente al cambio climático, protegiendo la integridad de las cuencas y asegurando su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras”.

Dentro de las estrategias que plantea el objetivo citado, y tienen relación directa con el proyecto, se encuentran las siguientes:

- **Estrategia 4.6.1** Garantizar el acceso asequible y equitativo al agua potable y su saneamiento mediante inversión en infraestructura y fomento del reúso, con prioridad en regiones con mayor vulnerabilidad climática o impacto por actividad humana.
- **Estrategia 4.6.2** Promover el uso eficiente y sustentable del agua para reducir la presión sobre las fuentes de abastecimiento y garantizar su disponibilidad a largo plazo.
- **Estrategia 4.6.3** Modernizar y expandir la infraestructura de recolección, distribución y tratamiento de aguas residuales, municipales e industriales para mejorar su calidad y promover su reúso sustentable.
- **Estrategia 4.6.4** Reforzar el monitoreo y control de contaminantes para prevenir el deterioro de la calidad del agua y proteger los ecosistemas y su biodiversidad.
- **Estrategia 4.6.5** Desarrollar métodos y tecnologías para la restauración de las cuencas más contaminadas del país, adaptables y replicables en otras regiones afectadas.



- **Estrategia 4.6.7** Promover la gestión integrada de cuencas y acuíferos en proyectos de infraestructura, desarrollo urbano y ordenamiento territorial, para garantizar la sustentabilidad hídrica y reducir las desigualdades regionales en el acceso al agua.

Como se puede apreciar, tanto en el diagnóstico como en el objetivo y sus estrategias, el Proyecto se encuentra totalmente alineado a lo planteado por el Gobierno Federal.

c) Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT 2020 - 2024)

El Proyecto de inversión está alineado al PROMARNAT en su objetivo prioritario 3: Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.

En lo particular, el Proyecto está alineado con la Estrategia prioritaria 3.1 "Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable". Como parte de la Estrategia 3.1, se encuentran las Acciones puntuales 3.1.2. Abatir el rezago en el acceso al agua potable y al saneamiento para elevar el bienestar en los medios rural y periurbano. 3.1.3.- Fortalecer a los organismos operadores de agua y saneamiento, a fin de asegurar servicios de calidad a la población. Acción puntual 3.1.4. Atender los requerimientos de infraestructura hidráulica para hacer frente a las necesidades presentes y futuras.

El Proyecto de inversión contribuye con el objetivo prioritario 3 del PROMARNAT, partiendo de que se busca garantizar el derecho humano al agua para cubrir las necesidades actuales de la población, sin afectar a las generaciones futuras.

d) Plan Hídrico Nacional

Establece cuatro ejes rectores:

1. Política hídrica y soberanía nacional
2. Mitigación del impacto ambiental y adaptación al cambio climático
3. Justicia y los derechos hídricos
4. Gestión integral del agua

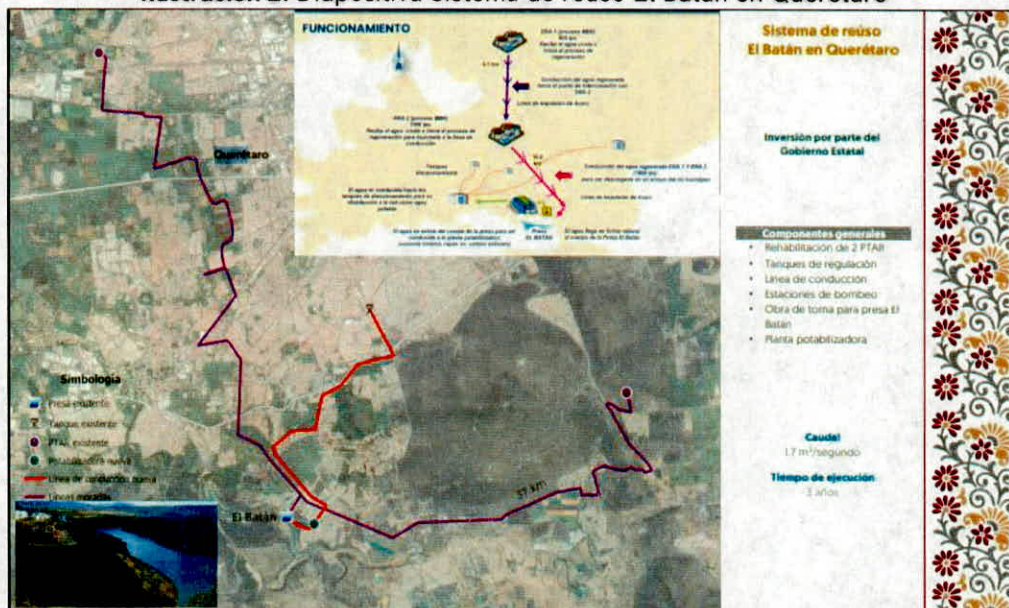
Dentro de sus estrategias se encuentran promover la rehabilitación y construcción de:

1. Plantas de tratamiento

2. Plantas potabilizadoras
3. Redes de distribución
4. Colectores
5. Pozos
6. Reparación de fugas

El plan fue presentado el 21 de noviembre de 2024 por la presidenta de la República, además de los ejes y sus estrategias se presentaron los proyectos prioritarios que contempla, dentro de estos se encuentra el denominado en el documento como “Sistema de reúso El Batán en Querétaro”.

Ilustración 2. Diapositiva Sistema de reúso El Batán en Querétaro



Fuente: Plan Nacional Hídrico.

e) Alineación a PED

El Proyecto de inversión está alineado con el Eje Rector 4, Medio Ambiente e Infraestructura Sostenible, cuyo propósito es ordenar, cuidar y vigilar el equilibrio ecológico, así como proyectar la infraestructura y el desarrollo para la prosperidad del presente y el futuro del estado, en un marco de sustentabilidad, en particular con el objetivo 3; Acceso a servicios básicos para la ciudadanía asociado al Reto 47; alcanzar y mantenerse en el lugar número 10 en cuanto a viviendas que cuentan con agua entubada dentro del hogar, y las líneas estratégicas:



- Reforzar la infraestructura social y urbana, con énfasis en las zonas de mayor marginación o rezago social.
- Incrementar la infraestructura de agua potable, drenaje, alcantarillado y saneamiento.

En donde se incluyen entre otras las acciones:

- Diseñar acciones para garantizar los servicios de agua potable, drenaje sanitario y saneamiento.
- Construir infraestructura hidráulica, pluvial, sanitaria y urbanizaciones. Implementar acciones para el uso eficiente de recursos y preservación de ecosistemas en las viviendas.
- Fortalecer y mantener el sistema hidráulico, pluvial y sanitario.

Así también se alinea el Proyecto con el Objetivo 4 del Eje Rector Medio Ambiente e Infraestructura Sostenible; Provisión del suministro de agua y energía estatal a largo plazo en todo el estado y los retos:

- Reto 50: Mantenerse en los primeros tres lugares en cuanto a agua potable, drenaje y alcantarillado.

Y con la Línea estratégica; garantizar el suministro de agua potable y las acciones:

- Diseñar y ejecutar las estrategias y acciones que incrementen la cobertura del servicio de agua a corto, mediano y largo plazo.
- Estimular el uso de sistemas tradicionales y alternativos de captación, entrada y salida, suministro, distribución y tratamiento para tener agua potable.

f) Alineación planes municipales de la ZMQ

(i) Plan Municipal de Desarrollo, Querétaro 2024-2027

El plan tiene seis ejes rectores:

1. Querétaro preventivo y justo
2. Querétaro moderno e innovador
3. Querétaro ordenado
4. Querétaro amigable con el medio ambiente
5. Querétaro familiar y social
6. Querétaro ciudadano



El Eje 4 Querétaro amigable con el medio ambiente tiene como objetivo “preservar un Querétaro biodiverso, limpio y sustentable”, dentro del diagnóstico realizado para este eje se menciona el manejo del agua, enfocado en mejorar la capacidad de tratamiento de ésta y con base en eso se establecen diversas líneas de acción entre las que destaca “implementar esquemas que fortalezcan la seguridad hídrica”.

Como puede observarse el plan municipal se alinea al objetivo del proyecto ya permitirá fortalecer la seguridad hídrica para sus habitantes

(ii) Plan Municipal de Desarrollo, Ayuntamiento 2024-2027, Municipio de Corregidora

El plan tiene cuatro ejes rectores:

1. Tu seguridad a paso firme.
2. Que te vaya mejor.
3. Municipio ordenado y sostenible.
4. Avanzando unidos: sociedad y gobierno.

El plan señala que no se considera el tema del agua de manera específica por no ser de competencia municipal, sin embargo, al vincular los objetivos del Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027 con las estrategias del propio plan establece la relación entre el eje rector Medio Ambiente e Infraestructura, del plan estatal, que en su objetivo 4 establece “Provisión del suministro de agua y energía estatal a largo plazo en todo el estado” con la estrategia 3.4 del plan municipal que dice “Los habitantes de Corregidora viven en un municipio con un medio ambiente protegido y sostenible como resultado de la aplicación de políticas de conservación de la biodiversidad local, la educación ambiental y la participación ciudadana”.

(iii) Plan Municipal de Desarrollo El Marqués 2024-2027

El Proyecto se alinea en dos de los restos de desarrollo planteados en el plan, a continuación, se mencionan los objetivos y metas aplicables.

Reto de desarrollo 1. Calidad de vida.

Objetivo 1.2 Mejorar la calidad de vida de la población en particular en los sectores vulnerables del municipio.

Meta 1.2.10 Desarrollar las obras de infraestructura pública que permitan proporcionar los servicios básicos de agua potable, drenaje y electrificación a nuevos beneficiarios en viviendas regulares

Reto de desarrollo 3. Desarrollo urbano y servicios públicos.



Objetivo 3.1 Impulsar una planeación urbana en el municipio bajo criterios esenciales de sostenibilidad, optimización del uso del suelo, cuidado y protección del medio ambiente y promueva la movilidad de forma eficiente.

Meta 3.1.3 Promover la mejora de la eficiencia en el uso del agua en la agricultura, ganadería, en la industria y en el hogar; y el tratamiento de aguas residuales.

(iv) Plan Municipal de Desarrollo Huimilpan 2024-2027

El Proyecto se alinea con el eje VI. Huimilpan moderno, ordenado y sostenible, el cual en el programa Huimilpan Pulmón Metropolitano establece el objetivo de "Proteger, conservar y reforestar el entorno natural del municipio, promoviendo el uso responsable de los recursos y acciones que fomenten la sostenibilidad ambiental", la estrategia 2 del objetivo dicta "Reforzar el uso y consumo responsable y sostenible del agua en la población, y realizar acciones tendientes a preservar los ríos, bordos y presas del municipio", para cumplir esto se diseñaron diferentes líneas de acción siendo la más relevante la "creación de una dirección municipal especializada en la supervisión de los organismos operadores de agua y en la gestión responsable del recurso hídrico en el municipio".

Como puede observarse el municipio tendrá una dirección que será de gran relevancia para la relación que se deberá establecer entre la CEA y la autoridad municipal para efectos de llevar a cabo el Proyecto Sistema Batán.

(v) Plan Municipal de Desarrollo, Colón 2024-2027

El Proyecto se alinea con el plan municipal en el eje rector 3. Desarrollo sostenible que establece en su objetivo 3.3 "realizar obras públicas de calidad con un enfoque de desarrollo sostenible", el cual a su vez converge con el 4. Medio ambiente e infraestructura sostenible, del plan estatal, cuando se refiere a "Implementar proyectos para el acceso y uso eficiente del agua".



IV. Análisis de Riesgos

a) Objetivo del Análisis de Riesgos

A partir de la metodología sistematizada para el análisis de riesgos en proyectos de infraestructura y servicios de la SHCP en su "Manual que establece las disposiciones para determinar la rentabilidad social, así como la conveniencia de llevar a cabo un proyecto mediante el esquema de APP, se llevó a cabo el análisis de riesgos para el Proyecto Sistema Batán.

b) Identificación de Riesgos

El primer paso del análisis de riesgos es la identificación de todos los posibles eventos que generan consecuencias e impactos en el desempeño del cumplimiento de los objetivos del proyecto. Se trata de identificar todas las posibles causas potenciales que pueden producirse y que tendrían impacto en el resultado esperado.

En esta etapa se debe responder la pregunta: ¿Cuáles eventos o acciones podrían afectar adversamente el plazo, costo, ámbito y/o la viabilidad de la materialización del proyecto y la provisión de los servicios previstos?

c) Aproximación SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con un Plazo Límite)

La identificación de los riesgos debe permitir que estos sean específicos, medibles, atribuibles, relevantes, y temporalmente identificables:

- Específicos: ¿Cuál es la situación específica de preocupación? ¿Qué impactos puede producir en los objetivos del Proyecto?
- Medibles: ¿Es posible contar con una estimación de la probabilidad que el riesgo ocurra? ¿Es posible cuantificar los impactos de manera numérica? ¿Es posible tener medidos los impactos de manera cualitativa?
- Atribuibles: ¿Cuál es la causa del riesgo? ¿Qué genera o qué provoca su activación?



- Relevantes: ¿Por qué es importante para los objetivos del Proyecto? ¿Cuál es el impacto en los objetivos de un Proyecto?
- Tiempo: ¿En qué etapa ocurren los riesgos? ¿Tiene una duración indefinida? ¿Cuántas veces ocurren en el ciclo del Proyecto?

Para la identificación de riesgos hay muchas técnicas, en México se recomienda dependiendo de la complejidad, del tiempo para el desarrollo del Proyecto y de su presupuesto usar un taller presencial para analizar las posibles amenazas y probables eventos no deseados, así como los daños y consecuencias que pudieran repercutir en el Proyecto.

d) Descripción

El objetivo de la descripción es establecer la definición y los impactos de los riesgos identificados de una manera narrativa en un formato claro, por ejemplo, en una matriz. Una matriz permite la descripción y la posterior evaluación de los riesgos de tal manera que facilita su comprensión. La descripción de los riesgos debiera contener el nombre del riesgo, los impactos, su naturaleza, recomendaciones para mitigar el riesgo, la etapa en el desarrollo del proyecto en que se produce, y su asignación, es decir, si el riesgo es retenido por el sector público o es transferido al sector privado.

e) Valoración

La estimación del riesgo puede ser cuantitativa, semi cuantitativa o cualitativa en términos de la probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias en los objetivos del proyecto. En su forma cuantitativa, la valoración del riesgo puede estar expresada en valores monetarios multiplicando el costo del proyecto por la probabilidad de ocurrencia y su impacto. Si no es posible cuantificar el impacto numéricamente, entonces se debe realizar un análisis cualitativo.

Hay una variedad de técnicas cuantitativas para la valoración del riesgo de impacto, entre los que se incluyen los métodos con soluciones analíticas (cuando la distribución de probabilidad puede ser estimada), o los métodos desarrollados a través de simulación (cuando es necesario estimar la distribución). Entre estos últimos se encuentran los métodos de Monte Carlo y Bootstrap, y los métodos de simulación estocástica.

f) Asignación



Uno de los aspectos claves de las APP es la distribución o asignación de los riesgos entre el sector público y el sector privado, lo cual se materializa en un contrato de largo plazo. Esto se produce una vez que todos los riesgos han sido identificados, descritos y valorados. En dicho contrato queda escrita, en forma de cláusulas, la tipología de riesgos cuya gestión es responsabilidad del sector público y los riesgos que son de responsabilidad del sector privado. Una inadecuada asignación de los riesgos entre ambos sectores podría implicar un mayor costo para el proyecto e incluso generar la exposición a nuevos riesgos.

g) Matriz de Riesgos

La información de los riesgos que se desprende de cada una de las etapas anteriores puede ser trasladada a un formato de matriz general. Entonces, una matriz general de riesgos es una herramienta de gestión y control donde los riesgos que se han identificado en cada etapa se definen, se describen sus consecuencias y sus impactos, se indica la probabilidad de ocurrencia, se categorizan como retenidos o transferidos, y se señalan los mitigadores.

h) Metodología para la Etapa de Identificación de Riesgos (que resuma las etapas)

La metodología propuesta para la identificación de riesgos para un Proyecto de Inversión en Infraestructura y Servicios (PIIS), se realiza bajo la perspectiva que el tomador de la decisión para la ejecución de una obra pública tradicional, que puede ser eventualmente implementado a través de un esquema APP, es una entidad o dependencia gubernamental.

El siguiente esquema muestra las etapas del análisis de riesgos, así como las matrices que deben construirse. La metodología considera 6 puntos, los cuales no necesariamente siguen una secuencia numérica:

i) Metodología de Priorización de Riesgos

En primer lugar, para emitir la priorización de riesgos, se agotaron los siguientes puntos:

- Fase 1: Definir riesgos estándares para PIIS.
- Fase 2: Definir y contextualizar la Matriz Estándar General (MEG).
- Fase 3: Contextualizar la matriz de riesgos para el proyecto en una Matriz Estándar Específica (MEE). Mejorar la Matriz a través de información histórica como informes, bases de datos o evaluaciones ex post para obtener la Matriz



Estándar Específica Mejorada (MEEM), incluyendo la definición de los riesgos, su impacto y la probabilidad de ocurrencia. En caso de que no exista información histórica disponible y pueda realizarse un taller de riesgos con un panel de expertos.

- Fase 4: Realizar un taller en el cual se lleve a cabo el proceso de identificación de riesgos, su descripción, y determinación del impacto, probabilidad de ocurrencia y medidas de mitigación para obtener la Matriz Específica del Taller de Identificación de Riesgos (METR). En general, se recomienda usar un taller presencial para analizar las posibles amenazas y probables eventos no deseados, así como los daños y consecuencias que pudieran repercutir en el proyecto de APP.
- Fase 5: Complementar la Matriz Estándar Específica (MEE) a través de mejores prácticas y revisión de literatura especializada, para obtener la Matriz Estándar Específica Complementada (MEEC).
- Fase 6: Aplicar metodología de priorización de riesgos, para obtener la Matriz Final de Identificación de Riesgos (MFIR).

Ahora bien, teniendo los datos de entrada e información relevante, la METR pasó por el proceso de jerarquización mediante la siguiente estructura:

Categoría del Riesgo	Etapas	Riesgos Estándares	Descripción	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación
----------------------	--------	--------------------	-------------	-------------------	----------------------------	----------------	---------------

Por tanto, el valor mínimo que toma el riesgo de impacto sobre un proyecto es cero, pero las unidades y el valor máximo son propios para cada riesgo. La valoración cualitativa del impacto asigna a cada riesgo un rango de opciones no superpuestas que incluyen todas las consecuencias posibles del riesgo. Las definiciones de estas categorías varían, pero generalmente se relacionan con el objetivo del proyecto de la siguiente manera:

Cuadro 4. Definición y Criterio del Riesgo de Impacto.

Riesgo de Impacto	Límite Superior (LS)	Límite Inferior (LI)	Criterio
Crítico (C)	100%	20%	Cualquier impacto que podría llevar a la cancelación del Proyecto.

Riesgo de Impacto	Límite Superior (LS)	Límite Inferior (LI)	Criterio
Severo (S)	20%	10%	Cualquier impacto que coloque en peligro el objetivo del Proyecto o que puedan llevar a un impacto significativo en el largo plazo.
Moderado (Mo)	10%	5%	Cualquier impacto que causaría un cambio en la planificación de manera significativa o que podría conducir a un efecto notable e inoportuno para el Proyecto.
Mínimo (Mi)	5%	1%	Cualquier impacto que puede ser tratado al interior del equipo de Proyecto y que no tendría ningún efecto en el largo plazo.
Despreciable (D)	1%	0%	Cualquier impacto que afecta de manera insignificante o produce algún efecto adverso significativo sobre el Proyecto.

Fuente: CEA.

Aunque el análisis basado en los criterios previamente definidos es un análisis cualitativo, proporciona una manera práctica de valorar la importancia relativa de los riesgos de un proyecto, donde incluso resulte complicado medir el impacto del riesgo. La valoración empleando estas categorías, facilita su cuantificación, y es suficiente para priorizar los riesgos en función de su identidad.

Por otra parte, se entenderá como la probabilidad de ocurrencia a la probabilidad de que un riesgo ocurra por única vez durante todo el ciclo de vida del Proyecto. La probabilidad de cualquier riesgo específico toma valores entre cero (sin posibilidad de ocurrencia) y uno (ocurre inevitablemente). La evaluación cuantitativa del riesgo asigna a cada riesgo una fracción específica entre cero y uno (entre cero y cien por ciento).

En el presente análisis se empleó un rango lineal para la jerarquización de las probabilidades de ocurrencia de los riesgos, asignando rangos como muy alto, moderado, bajo y muy bajo a cada uno de los riesgos como probabilidades de ocurrencia según corresponda, tal como se describe a continuación:

Cuadro 5. Definición de la Probabilidad de Ocurrencia del Riesgo

Probabilidad de Ocurrencia	Límite Superior (LS)	Límite Inferior (LI)	Descripción
Muy Alto	100%	91%	Es muy probable que el riesgo ocurra durante el ciclo de vida del Proyecto.

Probabilidad de Ocurrencia	Límite Superior (LS)	Límite Inferior (LI)	Descripción
Alto	90%	61%	Probablemente el riesgo ocurra durante el ciclo de vida del Proyecto.
Moderado	60%	41%	Puede o no ocurrir el riesgo durante el ciclo de vida del Proyecto.
Bajo	40%	11%	Es improbable que el riesgo ocurra durante el ciclo de vida del Proyecto.
Muy Bajo	10%	0%	Es muy poco probable que ocurra el riesgo durante el ciclo de vida del Proyecto.

Fuente: CEA

Además de la probabilidad de ocurrencia y del impacto del riesgo, los riesgos pueden ser clasificados en tres categorías de riesgo: Alto (A), Medio (M) y Bajo (B), tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Escala de Matriz de Riesgos

Probabilidad de Ocurrencia	Riesgo de Impacto					
	Límite Superior	Límite Inferior	Despreciable (D)	Mínimo (Mi)	Moderado (Mo)	Severo (S)
Muy Alto	100%	91%	M	A	A	A
Alto	90%	61%	M	M	M	A
Moderado	60%	41%	B	M	M	A
Bajo	40%	11%	B	B	M	A
Muy Bajo	10%	0%	B	B	B	M

Fuente: CEA

A continuación, se presenta la Matriz Específica del Taller de Identificación de Riesgos:

Cuadro 7. Matriz Específica del Taller de Identificación de Riesgos

Categoría del Riesgo	Etapas	Riesgos Estándares	Descripción	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia
Riesgo de implementación	Preoperativa	Riesgo en la entrega de bienes de dominio público	Dificultad en la entrega del área de contrato en concordancia con un programa previamente definido.	Crítico (C)	Bajo
	Preoperativa	Riesgo de adquisición	Dificultad en la entrega del área de contrato en	Crítico (C)	Muy Bajo



Categoría del Riesgo	Etapas	Riesgos Estándares	Descripción	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia
		terrenos privados	concordancia con un programa previamente definido.		
	Preoperativa	Registro ante la UCEF	Dificultad al momento de intentar el registro en el SRPU. Sin la constancia de inscripción, no se puede iniciar con la construcción.	Crítico (C)	Muy Bajo
	Preoperativa	Riesgo en la tramitación y obtención de permisos	Retraso en el inicio de la construcción del Proyecto Sistema Batán o su eventual cancelación con motivo de permisos trascendentes en zonas federales o concesiones	Crítico (C)	Alto
	Preoperativa	Riesgo en la declarar licitación desierta	La licitación no se lleva a cabo, retrasando los tiempos de ejecución o trasladando el Proyecto a la parte pública.	Crítico (C)	Muy Bajo
	Preoperativa	Riesgo de demora en la aprobación de la adjudicación del contrato	El contrato no se suscribe en la fecha programada y retrasa el inicio del Proyecto, generando perjuicios financieros.	Crítico (C)	Bajo
	Preoperativa	Riesgo de impugnación	El contrato o las bases de licitación y los alcances contienen ambigüedades o no son claros, provocando que los concursantes y/o el ganador entre en desacuerdo con la CEA.	Crítico (C)	Alto
Riesgos de construcción	Inversión	Riesgo de diseño	El diseño de ingeniería y/o arquitectura establecida para el Proyecto puede ser	Crítico (C)	Muy Bajo



Categoría del Riesgo	Etapas	Riesgos Estándares	Descripción	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia
			insuficiente, lo que puede generar la realización de nuevas obras y/o complementarias respecto al diseño original.		
	Inversión	Riesgo de sobrecostos en la construcción	Aumento de costos de distintos ítems en la etapa de construcción debido a incrementos en las cubricaciones, precios de materiales y mano de obra y especificaciones de diseño.	Severo (S)	Alto
	Inversión	Riesgo de atrasos en el desarrollo de la construcción de las obras	Aumentos de los costos debido a atrasos en la ejecución de las actividades programadas para la etapa de construcción.	Severo (S)	Alto
Riesgos de operación y mantenimiento	Operación	Riesgo operativo	Aumento no previsto de los costos de operación y/o mantenimiento del Proyecto.	Moderado (Mo)	Moderado
	Operación	Riesgo de nivel de servicio	No se logra alcanzar un nivel de servicio para el Proyecto o eficiencia en la infraestructura física, acorde con las especificaciones contractuales.	Crítico (C)	Bajo
	Operación	Riesgo de discontinuidad del servicio	Interrupción parcial o permanente de los servicios que lleva a una pérdida de ingresos y protestas de los usuarios.	Severo (S)	Bajo
Riesgos ambientales	Construcción / Operación	Riesgo ambiental	Infracción medioambiental a las normas establecidas, obstrucciones geológicas,	Severo (S)	Bajo



Categoría del Riesgo	Etapas	Riesgos Estándares	Descripción	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia
			climáticas, físicas y arqueológicas, entre otras que producen sobrecostos y / o sobre plazos.		
	Construcción	Riesgo sanitario (contaminación del agua)	Contaminación del agua en la etapa de construcción, por ejemplo, por rompimiento de alguna infraestructura.	Crítico (C)	Moderado
	Operación	Riesgo Sanitario (Contaminación del agua)	Contaminación del agua en la etapa de operación, por ejemplo, por interferencia de algún material o insumo.	Crítico (C)	Bajo
Riesgos de fuerza mayor	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de catástrofes naturales	Hechos de la naturaleza que impiden el desarrollo del Proyecto, destruyen activos, y no permiten su operación.	Mínimo (Mi)	Bajo
Riesgos legales y regulatorios	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de determinación de normativa aplicable	Aplicación normativa que incorpora ciertas exigencias y requisitos adicionales al Proyecto.	Mínimo (Mi)	Moderado
Riesgos políticos	Todas las etapas del proyecto	Riesgos de cambios en la legislación pertinente	Cambio en la legislación y/o regulación de los estándares (técnicos, ambientales, entre otros) genera efectos en los costos, ingresos e inversiones afectando la viabilidad del Proyecto.	Mínimo (Mi)	Moderado
	Todas las etapas del proyecto	Autorización del decreto por el Congreso del Estado	Conseguir los votos de las dos terceras partes del Congreso para poder llevar a cabo el Proyecto.	Crítico (C)	Moderado



Categoría del Riesgo	Etapas	Riesgos Estándares	Descripción	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia
	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de terminación del proceso de contratación	Por decisiones políticas se deja de desarrollar el Proyecto y se genera una terminación anticipada.	Severo (S)	Moderado
Riesgos sociales	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de conflicto social ajeno al proyecto	Protestas, paros, huelgas y/o aspectos culturales que interfieran con el normal desarrollo del Proyecto modificando plazos y costos.	Mínimo (Mi)	Bajo
	Todas las etapas del proyecto	Riesgos de interferencia de terceros	Aumento de los plazos y daño a las obras debido a interferencias de terceros.	Moderado (Mo)	Moderado
Riesgos de ingresos	Operación	Riesgo de demanda	La cantidad de demanda de usuarios del servicio es diferente a la prevista o disminución en la capacidad de recaudación de la CEA, lo que tiene efectos en la dimensión del Proyecto y los ingresos percibidos.	Despreciable (D)	Muy Bajo
	Operación	Riesgos tarifarios	El nivel de la tarifa es resistido por los usuarios y los cambios no se efectúan en los plazos establecidos y/o no son sustentables de acuerdo a la disposición a pagar por el servicio.	Moderado (Mo)	Bajo
Riesgos tecnológicos	Operación	Riesgo de obsolescencia tecnológica	Los equipos y tecnología necesarios para la operación cumplen su ciclo de vida y quedan obsoletos, o no se encuentran operativos para satisfacer los requerimientos del Proyecto.	Mínimo (Mi)	Muy Bajo



Categoría del Riesgo	Etapas	Riesgos Estándares	Descripción	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia
Riesgos de mercado	Construcción / Operación	Riesgo de incremento en el precio de los insumos	El precio de insumos necesarios para la construcción de las obras o de la operación del Proyecto aumenta debido a contingencias macroeconómicas.	Moderado (Mo)	Bajo
Riesgos de nuevas inversiones	Operación	Riesgos de nuevas inversiones	La CEA puede juzgar necesario la realización de nuevas inversiones, ya sea en el Proyecto que administra el privado o en infraestructura, alternativa que impacta los beneficios del Proyecto.	Mínimo (Mi)	Bajo
Riesgos financieros	Licitación	Riesgo de bancabilidad	No obtención del financiamiento apropiado porque el Proyecto no puede levantar los fondos suficientes en los mercados financieros.	Crítico (C)	Bajo
	Operación	Riesgo de tasa de interés	Las tasas de interés fluctúan en forma desfavorable encareciendo los costos financieros.	Moderado (Mo)	Moderado
	Operación	Riesgo de tipo de cambio	El tipo de cambio entre la moneda del financiamiento y de ingresos fluctúa en forma adversa generando un desajuste cambiario.	Moderado (Mo)	Moderado

Fuente: CEA

j) Definición de la Valoración de Riesgo

Para la valoración del costo del riesgo se emplean dos parámetros fundamentales del riesgo: la verosimilitud y la pérdida. La verosimilitud es generalmente caracterizada como la probabilidad, y su estimación depende de la información histórica de proyectos de similares características a aquel en análisis o de la elicitación de manera exógena en el caso de talleres de riesgo. La pérdida, sin embargo, es referida como el impacto, y se fundamenta en la consecuencia que genera sobre el Proyecto si el riesgo ocurre. Por consiguiente, el costo del riesgo se define mediante la siguiente expresión:

Ecuación 1. Definición del Costo del Riesgo

$$CR = VPIN * POR * IRP$$

Donde:

- **CR:** Costo de riesgo asociado a un proyecto de inversión en infraestructura y servicio
- **VPIN:** Valor presente de la inversión o de algún ítem de costo del proyecto bajo una modalidad de ejecución.
- **POR:** Probabilidad de ocurrencia del riesgo bajo una modalidad de ejecución.
- **IRP:** Riesgo de impacto que genera sobre el proyecto bajo una modalidad de ejecución.

En la expresión del costo del riesgo subyace una distribución de probabilidad conjunta debida a la distribución de probabilidad asociada tanto a la variable aleatoria de ocurrencia del riesgo sobre el ciclo de vida del Proyecto, como al impacto que este riesgo genera sobre el Proyecto de inversión.

Por simplicidad para el proceso del cálculo del costo del riesgo, se supondrá que la probabilidad de ocurrencia se ingresa a la valoración del costo del riesgo de forma exógena, por consiguiente, el impacto que genera el riesgo sobre el Proyecto será valorado teniendo en cuenta la distribución de probabilidad a la cual se encuentra asociada.

k) Herramientas Estadísticas para la Cuantificación de Riesgos

La cuantificación de riesgos está sujeta al conocimiento de ciertas herramientas, tanto estadísticas como metodológicas, que permiten cuantificarlos:

- La probabilidad es una medida de ocurrencia de un evento, la cual puede tomar valores entre 0 y 1. Cuando el valor de la probabilidad es igual a 0, indica que el evento jamás sucederá. Sin embargo, cuando el valor de la probabilidad se acerca al valor de 1, indica que es casi seguro que ocurra el evento.

- Un histograma es una representación gráfica de la organización de un conjunto de datos, de tal manera que sea posible señalar el valor el cual los datos analizados tienden a concentrarse. De esta forma es posible distinguir los valores extremos (el valor más alto y más bajo) del conjunto de datos. En este sentido, un histograma describe una distribución de frecuencias o números de veces que la variable aleatoria ha tomado un rango de valores determinado, empleando una gráfica de barras (rectángulos verticales adyacentes), donde la altura de cada una de las barras es proporcional a la frecuencia de la amplitud del intervalo que representa.
- La información anterior se puede resumir por medio de su frecuencia. Para ello se definen valores equidistantes y se contabilizan cuántos datos están por debajo del valor definido. La representación gráfica de las frecuencias como histograma es una aproximación a la función de densidad de probabilidad (teórica) asociada.
- Una distribución de probabilidad es una distribución teórica de las frecuencias asociadas a una variable aleatoria. Es decir, a los posibles resultados que muestran cómo se espera que comporte una variable aleatoria, se le denomina función de distribución de probabilidad de la variable aleatoria asociada. Las distribuciones de probabilidad son representaciones de gran utilidad que permiten hacer inferencias y además permite tomar decisiones en condiciones de riesgo.
- Las variables continuas pueden tomar un conjunto infinito de valores, mientras que en la opinión de expertos se recibe el valor mínimo, más probable y máximo para definir el rango de valores.
- En el presente análisis se empleó la distribución PERT, dado que es una distribución recomendada por expertos para analizar rangos de valores de variables aleatorias mediante parámetros mínimo, valor más probable y máximo.

I) Resultados Obtenidos a través de la Simulación Monte Carlo para los Riesgos Identificados

El análisis de riesgos se llevó a cabo mediante 50,000 simulaciones Monte Carlo para cada uno de los 29 riesgos identificados y definidos en el Taller de Identificación de Riesgos.



Cuadro 8. Impacto de Riesgo y Probabilidad de Ocurrencia para los Riesgos Identificados

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto			Probabilidad		
			LS	Promedio	LI	LS	Promedio	LI
Riesgo de adquisición de terrenos públicos	Crítico (C)	Bajo	100%	60%	20%	40%	26%	11%
Riesgo de adquisición de terrenos privados.	Crítico (C)	Muy Bajo	100%	60%	20%	10%	5%	0%
Registro ante la UCEF.	Crítico (C)	Muy Bajo	100%	60%	20%	10%	5%	0%
Riesgo en la obtención de permisos.	Crítico (C)	Alto	100%	60%	20%	60%	51%	41%
Riesgo de declaración de licitación desierta.	Crítico (C)	Muy Bajo	100%	60%	20%	10%	5%	0%
Riesgo de demora en la adjudicación del contrato.	Crítico (C)	Bajo	100%	60%	20%	40%	26%	11%
Riesgo de impugnación.	Crítico (C)	Alto	100%	60%	20%	90%	76%	61%
Riesgo de diseño.	Crítico (C)	Muy Bajo	100%	60%	20%	10%	5%	0%
Riesgo de sobrecostos en la construcción.	Severo (S)	Alto	20%	15%	10%	90%	76%	61%
Riesgo de atrasos en el desarrollo de la construcción de las obras.	Severo (S)	Alto	20%	15%	10%	90%	76%	61%
Riesgo operativo.	Moderado (Mo)	Moderado	10%	8%	5%	60%	51%	41%
Riesgo de nivel de servicio.	Crítico (C)	Bajo	100%	60%	20%	40%	26%	11%
Riesgo de discontinuidad del servicio.	Severo (S)	Bajo	20%	15%	10%	40%	26%	11%
Riesgo ambiental.	Severo (S)	Bajo	20%	15%	10%	40%	26%	11%
Riesgo sanitario (contaminación del agua).	Crítico (C)	Moderado	100%	60%	20%	60%	51%	41%
Riesgo Sanitario (Contaminación del agua).	Crítico (C)	Bajo	100%	60%	20%	40%	26%	11%

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto			Probabilidad		
			LS	Promedio	LI	LS	Promedio	LI
Riesgo de catástrofes naturales.	Mínimo (Mi)	Bajo	5%	3%	1%	40%	26%	11%
Riesgo de determinación de normativa aplicable.	Mínimo (Mi)	Moderado	5%	3%	1%	60%	51%	41%
Riesgos de cambios en la legislación pertinente.	Mínimo (Mi)	Moderado	5%	3%	1%	60%	51%	41%
Autorización del decreto por el Congreso del Estado.	Crítico (C)	Moderado	100%	60%	20%	60%	51%	41%
Riesgo de terminación del proceso de contratación.	Severo (S)	Moderado	20%	15%	10%	60%	51%	41%
Riesgo de conflicto social ajeno al proyecto.	Mínimo (Mi)	Bajo	5%	3%	1%	40%	26%	11%
Riesgos de interferencia de terceros.	Moderado (Mo)	Moderado	10%	8%	5%	60%	51%	41%
Riesgos tarifarios.	Moderado (Mo)	Bajo	10%	8%	5%	40%	26%	11%
Riesgo de obsolescencia tecnológica.	Mínimo (Mi)	Muy Bajo	5%	3%	1%	10%	5%	0%
Riesgo de incremento en el precio de los insumos.	Moderado (Mo)	Bajo	10%	8%	5%	40%	26%	11%
Riesgos de nuevas inversiones.	Mínimo (Mi)	Bajo	5%	3%	1%	40%	26%	11%
Riesgo de bancabilidad.	Crítico (C)	Bajo	100%	60%	20%	40%	26%	11%
Riesgo de tasa de interés.	Moderado (Mo)	Moderado	10%	8%	5%	60%	51%	41%
Riesgo de tipo de cambio.	Moderado (Mo)	Moderado	10%	8%	5%	60%	51%	41%

Fuente: Elaboración propia.

m) Asignación de Riesgos

La asignación de riesgos es el proceso mediante el cual, el sector público decide la proporción de la responsabilidad de la administración del riesgo que será retenida por él y la que será transferida a la organización privada. En el marco del Contrato de APP que se establezca entre ambos sectores, algunos riesgos quedarán asignados de manera completa o parcial de lado del sector público y otros se localizarán en el sector privado.



Cuando un riesgo es asignado al sector público entonces se le denomina riesgo retenido, y como tal es de responsabilidad de la dependencia o entidad contratante. Cuando el riesgo se localiza en el sector privado, entonces se le denomina riesgo transferido, y es de responsabilidad del inversionista desarrollador. Cuando los riesgos son asignados de manera parcial a una de las partes, entonces se dice que el riesgo es compartido entre el sector público y el sector privado.

La principal regla de los proyectos APP es que los riesgos deben ser asignados en función del agente que se encuentre mejor preparado para evaluarlos, administrarlos, controlarlos y mitigarlos. La asignación óptima busca minimizar los riesgos del Proyecto localizando un riesgo particular en la parte que está en mejor posición de controlarlo. La capacidad de gestionar los riesgos se transforma en un elemento clave para la asignación de los riesgos en un esquema APP.

La asignación de riesgos queda materializada principalmente en las responsabilidades para el respectivo sector de cumplir con las especificaciones técnicas de los servicios que se definan, en los mecanismos de pago, y en las cláusulas contractuales específicas.

Así, con base en la metodología anterior, se establecen los siguientes percentiles de probabilidad:

Cuadro 9. Percentiles P95, P50 y P5 para los Riesgos Identificados

Riesgo	P ₉₅ (%)	P ₅₀ (%)	P ₅ (%)
Riesgo de adquisición de terrenos públicos.	7.7	14.8	24.6
Riesgo de adquisición de terrenos privados.	1.0	2.8	5.5
Registro ante la UCEF.	1.0	2.9	5.5
Riesgo en la obtención de permisos	21.5	37.6	59.3
Riesgo de declaración de licitación desierta.	1.0	2.8	5.6
Riesgo de demora en la aprobación de la adjudicación del contrato.	7.7	14.8	24.6
Riesgo de impugnación.	26.1	45.0	65.2
Riesgo de diseño.	1.0	2.9	5.6
Riesgo de sobrecostos en la construcción.	8.7	11.3	14.1
Riesgo de atrasos en el desarrollo de las obras.	8.7	11.3	14.1
Riesgo operativo.	2.9	3.8	4.7
Riesgo de nivel de servicio.	7.8	14.8	24.6
Riesgo de discontinuidad del servicio.	2.3	3.8	5.5
Riesgo ambiental.	2.3	3.8	5.5
Riesgo sanitario (contaminación del agua) (Construcción).	17.4	30.1	43.6



Riesgo	P ₉₅ (%)	P ₅₀ (%)	P ₅ (%)
Riesgo sanitario (contaminación del agua) (Operación).	7.7	14.9	24.7
Riesgo de catástrofes naturales.	0.4	0.7	1.2
Riesgo de determinación de normativa aplicable.	0.9	1.5	2.2
Riesgos de cambios en la legislación pertinente.	0.9	1.5	2.2
Autorización del decreto por el Congreso del Estado.	17.6	30.2	43.6
Riesgo de terminación del proceso de contratación.	5.8	7.5	9.4
Riesgo de conflicto social ajeno al Proyecto.	0.4	0.7	1.2
Riesgos de interferencia de terceros.	2.9	3.8	4.7
Riesgos tarifarios.	1.2	1.9	2.8
Riesgo de obsolescencia tecnológica.	0.0	0.1	0.3
Riesgo de incremento en el precio de los insumos.	1.2	1.9	2.7
Riesgos de nuevas inversiones.	0.4	0.7	1.2
Riesgo de bancabilidad.	7.8	14.8	24.5
Riesgo de tasa de interés.	2.9	3.8	4.7
Riesgo de tipo de cambio.	2.9	3.8	4.7

Fuente: Elaboración propia.

n) Matriz Final de Identificación de Riesgos

Una vez que se evaluaron los riesgos cuantitativamente y se obtuvo el valor de borda, se asignaron los riesgos de ambos actores, público y privado. Además, se determinaron las medidas de mitigación que se plantearon en el Taller de Identificación de Riesgos y que se contrastaron con literatura especializada.

Cuadro 10. Matriz de Riesgos Final

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
Riesgo de adquisición de terrenos públicos	Crítico (C)	Bajo	7.7%	A	Público	Asegurar convenios de coordinación con las autoridades federales correspondientes, modificación de reservas y cumplir con los requisitos necesarios para su obtención. Asegurar la desincorporación de bienes públicos del Estado y conclusión de instrumentos que

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						pudiesen afectar su libre disposición.
Riesgo de adquisición de terrenos privados	Crítico (C)	Muy Bajo	1.0%	M	Público	Realizar documentos de firma de intención de venta por parte de los propietarios, así como agilizar las gestiones para la adquisición de los predios. Tener ubicados terrenos alternativos.
Registro ante la UCEF	Crítico (C)	Muy Bajo	1.0%	M	Público	Revisión de la normativa aplicable y cumplimiento del RPU de la SHCP para asegurar el registro de la obligación.
Obtención de permisos por parte de la CEA	Crítico (C)	Alto	21.5%	A	Público	Coordinación entre la CEA y el desarrollador para cumplir con una gestión adecuada y poder cumplir con los requisitos, en cuanto a permisos se refiere, para el desarrollo del Proyecto Sistema Batán.
Obtención de permisos por parte del desarrollador	Crítico (C)	Alto	21.5%	A	Privado	Coordinación entre la CEA y el desarrollador para cumplir con una gestión adecuada y poder cumplir con los requisitos, en cuanto a permisos se refiere, para el desarrollo del Proyecto Sistema Batán.
Riesgo de declaración de licitación desierta	Crítico (C)	Muy Bajo	1.0%	M	Público	Se deberán formular los Términos de Referencia, y convocatorias con previsiones de tiempo adecuadas a las fechas previstas. Se deberá vigilar que sean elaborados con claridad y precisión y contengan toda la información requerida

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						para asegurar una adecuada preparación de propuestas por parte de los concursantes. Promover y publicar ampliamente la licitación. Se deberá asegurar la flexibilidad dentro del marco jurídico aplicable para el proceso y que todos los interesados con capacidad participen e incorporen la parte privada al Proyecto Sistema Batán.
Riesgo en la demora en la aprobación de la adjudicación del contrato	Crítico (C)	Bajo	7.7%	A	Público	Se deberán tomar previsiones administrativas para realizar los análisis y gestiones en los tiempos previstos. Contar con la documentación requerida en forma previa y trabajar estrechamente con la empresa desarrolladora ganadora. Los actores involucrados deben conocer ampliamente el Proyecto Sistema Batán.
Riesgo de impugnación	Crítico (C)	Alto	26.1%	A	Público	Vigilar que los Términos de Referencia, las bases de licitación y los alcances de los concursos sean elaborados con claridad y precisión y contengan toda la información requerida, apegados al marco jurídico aplicable, para que los concursantes estén correctamente informados.
Riesgo de diseño	Crítico (C)	Muy Bajo	1.0%	M	Privado	Se deberá vigilar que se realicen todos los análisis previos a la

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						ejecución del Proyecto, así como vigilar que se realice conforme de acuerdo con lo planeado. Equipo adecuado de gerenciamiento y supervisión de la ingeniería.
Riesgo de sobrecostos en la construcción	Severo (S)	Alto	8.7%	A	Privado	Se deberá asegurar la disponibilidad presupuestal para la ejecución del Proyecto y llevar a cabo la ejecución adecuada de obras durante el periodo de inversión, así como contar con el equipo adecuado de gerenciamiento y supervisión de la construcción y realizar contrataciones a precios alzados.
Riesgo de atrasos en el desarrollo de la construcción de las obras	Severo (S)	Alto	8.7%	A	Privado	Vigilar que la obra se lleve a cabo en tiempo y forma, conforme a los programas establecidos para evitar al máximo el sobrecosto, así como contar con el equipo adecuado de gerenciamiento y supervisión de la construcción y contratos con cláusulas de penalización que protejan el plazo del Proyecto Sistema Batán.
Riesgo operativo	Moderado (Mo)	Moderado	2.9%	M	Privado	Se deberá realizar un análisis de forma anual de los costos empleados para la operación y el mantenimiento que permitan identificar el porcentaje de aumento de los costos y así poder planear su ejecución.
Riesgo de nivel de servicio	Crítico (C)	Bajo	7.8%	A	Privado	Se deberán implementar medidas de supervisión por



Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						estándares de desempeño y evaluarlos de manera continua.
Riesgo de discontinuidad del servicio	Severo (S)	Bajo	2.3%	M	Privado	Definir reglas de penalización para el proveedor del servicio, la contraprestación (T3) incentiva la continuidad del servicio, así como identificar nuevas reglas de operación que incluyen la convivencia de este escenario con el sistema ACII, Pozos y posible uso de energías renovables.
Riesgo sanitario (contaminación del agua en construcción)	Crítico (C)	Moderado	17.4%	A	Privado	Contar previamente con el Protocolo de Respuesta a Emergencias e implementarlo de manera óptima. Penalización y consecuencias de terminación ante dicha situación, establecidas en contrato.
Riesgo Sanitario (Contaminación del agua en operación)	Crítico (C)	Bajo	7.7%	A	Privado	Automatización de los procesos de potabilización y medición de calidad del agua los cuales evitan la contaminación de agua. Penalización ante dicha situación establecidas en contrato y reparación de daños a terceros que causen.
Riesgo de determinación de normativa aplicable	Mínimo (Mi)	Moderado	0.9%	M	Público	El Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro y la CEA deberán tomar las provisiones necesarias para que de manera temprana y decisiva destinen recursos y tiempo de calidad a atender en tiempo y forma, con todo rigor y solvencia, los temas jurídicos



Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						que son inherentes al Proyecto Sistema Batán. El contrato debe prever un mecanismo para este escenario junto con sus adecuaciones en la contraprestación.
Riesgos de cambios en la legislación pertinente	Mínimo (Mi)	Moderado	0.9%	M	Público	El Poder Ejecutivo del estado de Querétaro deberá notificar al privado sobre cualquier cambio en la legislación municipal, estatal y/o federal. El privado deberá evaluar los cambios con expertos en la materia y si fuera necesario, discutir las cláusulas del contrato que fueran susceptibles a dicho cambio. El contrato debe prever un mecanismo para este escenario junto con sus adecuaciones en la contraprestación.
Autorización del decreto por la Legislatura local del Estado	Crítico (C)	Moderado	17.6%	A	Público	Envío de proyecto en cumplimiento con el artículo 22 de la Ley de APP. Trabajar de cerca con la Legislatura Local para explicar los beneficios del Proyecto Sistema Batán.
Riesgo de terminación del proceso de contratación	Severo (S)	Moderado	5.8%	M	Público	Deberán estipularse en el contrato garantías y penalizaciones por terminación anticipada por cualquiera de las partes, detallando las causas del incumplimiento.

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
Riesgos tarifarios	Moderado (Mo)	Bajo	1.2%	M	Privado	En caso de que no se tuviera la recaudación suficiente vía tarifa, la CEA deberá de asegurar la existencia de fondos de reserva suficientes con sus ingresos para el pago y realizar los ajustes presupuestales que correspondan. En el contrato se deben especificar las condiciones de actualización de las tarifas.
Riesgo de obsolescencia tecnológica	Mínimo (Mi)	Muy Bajo	0.0%	B	Privado	El privado contará con un equipo de expertos que se apeguen a las normas y recomendaciones internacionales que aseguren el uso e implementación de procesos y tecnología adecuada para la operación del proyecto, asimismo el contrato preverá reposición de equipos/ actualización a los años 15 y 25.
Riesgo de incremento en el precio de los insumos	Moderado (Mo)	Bajo	1.2%	M	Privado	Deberá estipularse el suministro de insumos mediante un contrato de largo plazo. Se pueden considerar coberturas para los insumos que presenten mayor volatilidad en el mercado y en el contrato se establecerá una cláusula de reequilibrio.
Riesgo de bancabilidad	Crítico (C)	Bajo	7.8%	A	Público	Se deberá corroborar que la empresa que obtenga el contrato de APP tenga la capacidad financiera para ejecutar el Proyecto. Se buscará que en la licitación se presente una estructuración



Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						financiera óptima estipulando los mecanismos de deuda y capital.
Riesgo de tasa de interés	Moderado (Mo)	Moderado	2.9%	M	Privado	Se deberá vigilar que el Proyecto se realice en los tiempos previstos, con la finalidad de evitar que prolongue su ejecución y se generen más intereses. Contratación de instrumentos derivados para mitigar el riesgo de las tasas de interés o tipo de cambio.
Riesgo de tipo de cambio	Moderado (Mo)	Moderado	2.9%	M	Privado	Se deberá vigilar que el Proyecto se realice en los tiempos previstos, con la finalidad de evitar que prolongue su ejecución y el tipo de cambio pueda afectar. Contratación de instrumentos derivados para mitigar el riesgo de las tasas de interés o tipo de cambio y contratación de coberturas con motivo del tipo de cambio.



V. Contraprestaciones

a) Estimación de las contraprestaciones

El objetivo del Análisis sobre la estimación de las contraprestaciones a recibir por parte del desarrollador es el de analizar los pagos mensuales que tendrá que hacer la CEA al posible desarrollador, con base en los riesgos antes señalados.

El fundamento legal que da origen a este documento se encuentra establecido en el artículo 15 fracción X de la Ley de APP, el cual enlista los requisitos para que el administrador del Proyecto solicite la validación de éste.

El primer paso es analizar a detalle los componentes de la contraprestación que tendrá derecho a recibir el desarrollador. Posteriormente se analiza el comportamiento y se realizan proyecciones de la fuente pago (ingresos de la CEA) y de la garantía (un porcentaje del Fondo General de Participaciones que corresponde al Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro), así como los supuestos utilizados en el modelo financiero de referencia para estos cálculos.

b) Componentes de la contraprestación

El desarrollador tendrá derecho de recibir contraprestaciones con una periodicidad mensual a partir del mes de febrero del año 2029. El periodo de operación contempla una duración de 27 (veintisiete) años teniendo programado un último pago en el mes de enero del año 2056.

La fórmula mediante la cual se calculará la contraprestación mensual a recibir por el desarrollador se establecerá en el Contrato de APP y se integra por los siguientes elementos:

- **T1a:** Capital de riesgo
Amortización del préstamo y aportaciones de los accionistas
- **T1b:** Servicio de la deuda
Amortización + intereses del crédito senior
T1b en la etapa preoperativa equivale al 30% del pago que reciba el desarrollador por volumen de agua tratada.



▪ **T2: OPEX (gastos de operación fijos)**

Esta tarifa, en etapa de operación cubre directamente el monto de los gastos fijos; en etapa preoperativa se calcula como el 70% del ingreso por volumen de agua tratada.

▪ **T3: Volumen entregado de agua potabilizada (incluye OPEX variable)**

Esta tarifa permite cubrir al desarrollador sus gastos variables, impuestos y obtener la rentabilidad por su inversión.

Con base en el modelo financiero y bajo algunos supuestos que se explican más adelante, el monto de cada elemento de la contraprestación lo podemos encontrar en el siguiente cuadro, los montos representan valores acumulados de los 27 (veintisiete) años:

Cuadro 11. Monto de los elementos de la Contraprestación

CONTRAPRESTACIÓN	MONTO TOTAL	% del total
T1a: Capital de riesgo	\$2,144,160,263.91	6.00 %
T1b: Servicio de la deuda durante periodo preoperativo	\$222,038,496.00	0.62 %
T1b: Servicio de la deuda durante periodo de operación	\$ 20,370,567,375.41	57.02 %
T2: Gastos de operación fijos en periodo preoperativo	\$518,089,824.00	1.45 %
T2: Gastos de operación fijos en periodo de operación	\$2,805,957,887.17	7.86 %
T3: Volumen producido	\$9,661,571,136.00	27.05 %
Total	\$35,722,384,982.48	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuando las PTARs Sur y SPM empiecen a producir agua tratada (antes de que entre en operación plenamente el Proyecto Sistema Batán) venderá, ya que se puede utilizar para riego, y esto generará ingresos para el desarrollador durante el periodo preoperativo. No obstante, lo anterior, se considera que la capacidad de venta es limitada toda vez que se tiene que distribuir a través de pipas. Por esta razón es que se tiene T1b y T2 en periodo preoperativo.



El Proyecto Sistema Batán pagará contraprestaciones por un total de \$35,722,384,982.48 (treinta y cinco mil setecientos veintidós millones trescientos ochenta y cuatro mil novecientos ochenta y dos pesos 48/100 M. N.) sin incluir IVA.

En el periodo de operación integral con duración de 27 (veintisiete) años, el Proyecto Sistema Batán pagará un total de \$34,982,256,662.55 (treinta y cuatro mil novecientos ochenta y dos millones doscientos cincuenta y seis mil seiscientos sesenta y dos pesos 55/100 M.N.) sin incluir IVA. Este monto ha sido calculado en función de variables y podrá sufrir modificaciones durante el Proyecto Sistema Batán.

Las contraprestaciones en periodo preoperativo se refieren a pagos que se hacen al desarrollador cuando ya están funcionando las estaciones regeneradoras de agua, pero todavía no está en operación el sistema en su totalidad, es decir, todavía no se genera agua potable.

c) Monto anual de las contraprestaciones

Con base en el calendario de construcción se proyecta que ésta se concluya durante el mes de enero de 2029, por lo que la primera contraprestación a recibir por el desarrollador está programada para el mes de febrero de 2029.

A continuación, algunos supuestos para el cálculo de las contraprestaciones en un escenario base:

- (i) En cuanto al 20% correspondiente al capital de riesgo, una cuarta parte se da como aportación de capital y tres cuartas partes se dan como préstamo de accionistas, el capital de riesgo se paga con T1a.
- (ii) Las condiciones utilizadas para el crédito senior (T1b) son las siguientes:
 - a. Margen o sobretasa de 2.5% más la TIIEF.
 - b. Plazo de amortización 25 años, equivalentes 300 meses
 - c. Factor de amortización del 0.65%. Las amortizaciones son crecientes.
- (iii) Los gastos de operación fijos forman parte del componente de T2
- (iv) T3 se obtiene de multiplicar el precio del agua potabilizada con el precio del agua en bloque, con el objetivo de cubrir el costo del OPEX variable.
- (v) El caudal proyectado de agua potabilizada del Proyecto Sistema Batán será de 1,800 L/s.



- (vi) En los primeros 12 meses de operación solo se distribuye el 60% del agua producida por el Proyecto Sistema Batán (el resto se utiliza para sustitución de pozos para su recarga); y cada 12 meses se incrementa en un 5% ese porcentaje.

El monto de contraprestación anual sería el siguiente:

Cuadro 12. Monto de Contraprestación Anual

AÑO	CONTRAPRESTACIÓN ANUAL
2026*	\$ 54,051,840.00
2027*	\$ 161,274,240.00
2028*	\$ 483,822,720.00
2029**	\$ 1,206,290,545.29
2030	\$ 1,317,583,690.36
2031	\$ 1,390,551,035.56
2032	\$ 1,420,846,832.37
2033	\$ 1,436,054,866.49
2034	\$ 1,441,752,468.50
2035	\$ 1,453,595,488.38
2036	\$ 1,470,828,495.90
2037	\$ 1,471,809,878.41
2038	\$ 1,466,999,865.44
2039	\$ 1,434,895,616.85
2040	\$ 1,430,238,734.09
2041	\$ 1,417,849,908.83
2042	\$ 1,406,035,808.55
2043	\$ 1,389,809,964.46
2044	\$ 1,366,223,219.79
2045	\$ 1,346,148,585.60
2046	\$ 1,326,982,001.92
2047	\$ 1,306,330,542.75
2048	\$ 1,286,205,118.57
2049	\$ 1,260,815,349.70
2050	\$ 1,250,263,038.72
2051	\$ 1,210,043,523.97
2052	\$ 1,184,352,296.06
2053	\$ 1,153,512,383.36
2054	\$ 590,512,289.74
2055	\$ 540,892,715.73
2056	\$ 45,811,917.09



Fuente: Elaboración propia

*Los años 2026, 2027 y 2028 son preoperativos

**Para el año 2029 se contemplan un mes de contraprestaciones en etapa preoperativos y 11 meses de etapa operativa

***En enero del año 2054 es el último pago por concepto del servicio del Crédito Senior "T1b"

****Para el año 2056 únicamente se contempla 1 mes

El Proyecto Sistema Batán pagará contraprestaciones por un total de \$35,722,384,982.48 (treinta y cinco mil setecientos veintidós millones trescientos ochenta y cuatro mil novecientos ochenta y dos pesos 48/100 M. N.) sin incluir IVA. En el periodo de operación integral con duración de 27 (veintisiete) años, el Proyecto pagará un total de \$34,982,256,662.55 (treinta y cuatro mil novecientos ochenta y dos millones doscientos cincuenta y seis mil seiscientos sesenta y dos pesos 55/100 M. N.) sin incluir IVA. En promedio, el monto de contraprestación anual para el periodo de operación integral sería por un total de \$1,295,639,135.65 (mil doscientos noventa y cinco millones seiscientos treinta y nueve mil ciento treinta y cinco pesos 65/100 M. N.) sin incluir IVA, lo que da como resultado un pago por concepto de contraprestación mensual promedio de \$107,969,927.97 (ciento siete millones novecientos sesenta y nueve mil novecientos veintisiete pesos 97/100 M. N.) sin incluir IVA, durante los 27 años de operación.

A continuación, se explica con más detalle cada uno de los componentes de la contraprestación y los supuestos que se utilizaron para llegar a los montos anuales.

(i) T1a Aportaciones de capital

La cantidad de \$2,144,160,263.91 (dos mil ciento cuarenta y cuatro millones ciento sesenta mil doscientos sesenta y tres pesos 91/100 M.N.), es el monto que será aportado por el desarrollador para que la estructura de capital del Proyecto Sistema Batán se cumpla.

Las aportaciones pueden ser por medio de:

1. **Aportaciones de Capital: \$536,040,065.98** (quinientos treinta y seis millones cuarenta mil sesenta y cinco pesos 98/100 M.N.). Monto correspondiente al 25% del monto total del capital.
2. **Préstamo de Accionistas: \$1,608,120,197.93** (mil seiscientos ocho millones ciento veinte mil ciento noventa y siete pesos 93/100 M.N.). Monto correspondiente al 75% del monto total del capital.

La primera aportación que tendrán que hacer los accionistas está programada para el mes de febrero de 2026 y en total tendrán que hacer 36 (treinta y seis) aportaciones de capital



mensuales consecutivas. Lo anterior equivale al periodo de construcción que se tiene programado para el proyecto.

El pago a los Accionistas se realizará mediante pagos mensuales durante 27 (veintisiete) años, equivalentes a 324 (trescientos veinticuatro) meses, el primer pago está programado para el mes de febrero de 2029 (primer pago de la contraprestación) y el último pago será en el mes de enero del año 2056.

A continuación, podemos observar los pagos anuales, que se tendrán que hacer a los accionistas, es decir, el pago correspondiente por T1a.

Cuadro 13. Contraprestación T1a

Año	Contraprestación T1a
2026	\$ -
2027	\$ -
2028	\$ -
2029	\$ 72,795,564.52
2030	\$ 79,413,343.11
2031	\$ 79,413,343.11
2032	\$ 79,413,343.11
2033	\$ 79,413,343.11
2034	\$ 79,413,343.11
2035	\$ 79,413,343.11
2036	\$ 79,413,343.11
2037	\$ 79,413,343.11
2038	\$ 79,413,343.11
2039	\$ 79,413,343.11
2040	\$ 79,413,343.11
2041	\$ 79,413,343.11
2042	\$ 79,413,343.11
2043	\$ 79,413,343.11
2044	\$ 79,413,343.11
2045	\$ 79,413,343.11
2046	\$ 79,413,343.11
2047	\$ 79,413,343.11
2048	\$ 79,413,343.11
2049	\$ 79,413,343.11
2050	\$ 79,413,343.11
2051	\$ 79,413,343.11



2052	\$	79,413,343.11
2053	\$	79,413,343.11
2054	\$	79,413,343.11
2055	\$	79,413,343.11
2056	\$	6,617,778.59
2057	\$	-
Total	\$	2,144,160,263.91

Fuente: CEA

Los pagos tanto al préstamo de los accionistas, y a las aportaciones de los accionistas, serán iguales en todos los meses, únicamente en el 2029 y en el 2056 el monto anual es diferente por los meses que se contemplan (11 meses en el 2029 y 1 mes en el 2056).

(ii) T1b Financiamiento

El segundo componente de la contraprestación a recibir por el desarrollador es para el pago del servicio de la deuda del crédito senior. Este representa el monto más importante del Proyecto Sistema Batán y corresponde al 80% de la estructura de financiamiento del mismo.

El monto del crédito senior es por la cantidad de \$9,026,931,846.83 (nueve mil veintiséis millones novecientos treinta y un mil ochocientos cuarenta y seis pesos 83/100 M.N.).

Los principales supuestos bajo los cuales se calculó el crédito senior en el modelo financiero se encuentran a continuación. Es importante mencionar que estas variables corresponden a condiciones que las instituciones financieras ofrecen para este tipo de proyectos.

Cuadro 14. Supuestos del crédito senior

Tasa de Referencia:	TIIE de Fondeo compuesta a 28 días
Margen Objetivo:	2.5%
Vigencia:	300 meses equivalentes a 25 años
Fecha Primer Pago:	Febrero 2029
Fecha Último Pago:	Enero 2054
Factor de Amortización:	0.65%
Saldo Objetivo del Fondo de Reserva:	6 meses el servicio de la deuda

Fuente: CEA.

Durante la vigencia del crédito senior se pagarán intereses y capital por las siguientes cantidades:

Cuadro15. Pago de Capital e Intereses

CONCEPTO	MONTO TOTAL
Pago capital	\$ 9,026,931,846.83
Pago intereses	\$ 11,343,635,528.58
Costo total	\$ 20,370,567,375.41

Fuente: CEA.

A continuación, podemos observar cómo se paga el capital del crédito senior durante los 25 (veinticinco) años de vigencia. Es importante considerar que se contempla un factor de crecimiento de las amortizaciones de 0.65%.

Cuadro 16. Contraprestación T1b en operación total y parcial

Año	Contraprestación T1b en Operación Total	Contraprestación T1b en Operación parcial
2026	\$ -	\$ 16,215,552.00
2027	\$ -	\$ 48,382,272.00
2028	\$ -	\$ 145,146,816.00
2029	\$ 670,230,226.64	\$ 12,293,856.00
2030	\$ 776,690,974.62	\$ -
2031	\$ 849,658,319.83	\$ -
2032	\$ 878,689,789.59	\$ -
2033	\$ 895,162,150.75	\$ -
2034	\$ 900,859,752.77	\$ -
2035	\$ 912,702,772.65	\$ -
2036	\$ 928,671,453.12	\$ -
2037	\$ 930,917,162.67	\$ -
2038	\$ 926,107,149.70	\$ -
2039	\$ 894,002,901.12	\$ -
2040	\$ 888,081,691.31	\$ -
2041	\$ 876,957,193.10	\$ -
2042	\$ 865,143,092.82	\$ -
2043	\$ 848,917,248.73	\$ -
2044	\$ 824,066,177.01	\$ -
2045	\$ 805,255,869.86	\$ -
2046	\$ 786,089,286.18	\$ -



2047	\$	765,437,827.02	\$	-
2048	\$	744,048,075.79	\$	-
2049	\$	719,922,633.97	\$	-
2050	\$	709,370,322.98	\$	-
2051	\$	669,150,808.23	\$	-
2052	\$	642,195,253.28	\$	-
2053	\$	612,619,667.62	\$	-
2054	\$	49,619,574.01	\$	-
2055	\$	-	\$	-
2056	\$	-	\$	-
2057	\$	-	\$	-
Total	\$	20,370,567,375.41	\$	222,038,496.00

Fuente: CEA.

(iii) T2 Operación fija

Los gastos operativos, mejor conocidos como "**OPEX**", son los asociados con el mantenimiento y la puesta en marcha del Proyecto una vez que se ha terminado el periodo de construcción. Dentro de los gastos operativos podemos encontrar gastos de administración, costos de mantenimiento, de personal, entre otros.

En el modelo financiero y en la estructura se consideran los siguientes gastos:

- Reactivos químicos
- Mantenimiento programado
- Personal especializado y mano de obra
- Supervisión in-house y virtual
- Manejo, retiro y disposición de lodos

Los gastos operativos del Proyecto los podemos dividir en las siguientes 3 grandes categorías:

- a) **OPEX - Tratamiento de aguas residuales**
- b) **OPEX - Potabilización de aguas**
- c) **OPEX - Bombeos**

Estos a su vez se dividen en fijos y variables:

- 1) **Gasto de Operación Fijo y**
- 2) **Gasto de Operación Variable.**



Los **gastos operativos ascienden a \$3,979,324,831.78 (tres mil novecientos setenta y nueve millones trescientos veinticuatro mil ochocientos treinta y un pesos 78/100 M.N.)**. El monto anterior comprende el plazo de 27 (veintisiete) años de operación del Proyecto Sistema Batán. A continuación, se encuentra el desglose entre las 3 principales categorías de OPEX:

Cuadro 17. Desglose gastos operativos

CATEGORIA	MONTO OPEX
Tratamiento de aguas residuales	\$ 3,233,419,122.79
Potabilización de aguas	\$ 366,572,145.99
Bombeos	\$ 379,333,563.01

Fuente: CEA.

De los \$3,979,324,831.78 (tres mil novecientos setenta y nueve millones trescientos veinticuatro mil ochocientos treinta y un pesos 78/100 M.N.), **la cantidad de \$2,805,957,887.17 (dos mil ochocientos cinco millones novecientos cincuenta y siete mil ochocientos ochenta y siete pesos 17/100 M. N.) corresponde al Gasto Operativo Fijo**. Lo anterior corresponde al **70.51% del OPEX total**.

(iv) T3 Volumen Producido (operación variable)

Por último, tenemos el componente T3 que está en función del caudal de agua potabilizada.

De los \$3,979,324,831.78 (tres mil novecientos setenta y nueve millones trescientos veinticuatro mil ochocientos treinta y un pesos 78/100 M.N.), **la cantidad de \$1,173,366,944.61 (mil ciento setenta y tres millones trescientos sesenta y seis mil novecientos cuarenta y cuatro pesos 61/100 M. N.), corresponde al OPEX variable**. Lo anterior corresponde al **29.49% del OPEX total**.

Sin embargo, T3 como se mencionó anteriormente, no solo contempla los gastos de operación variables, sino una serie de partidas que se enlistan a continuación:

- ♦ **Actualización del saldo a favor del IVA \$47,075,486.04 (cuarenta y siete millones setenta y cinco mil cuatrocientos ochenta y seis pesos 04/100 M.N.)**. Este monto se toma con signo negativo porque no es un gasto desde el punto de vista del desarrollador.



- ♦ **Gasto de operación variable: \$1,173,366,944.61** (mil ciento setenta y tres millones trescientos sesenta y seis mil novecientos cuarenta y cuatro pesos 61/100 M.N.)
- ♦ **Impuesto Sobre la Renta: \$2,249,292,305.40** (dos mil doscientos cuarenta y nueve millones doscientos noventa y dos mil trescientos cinco pesos 40/100 M.N.).
- ♦ **Inversiones capitalizables mantenimiento: \$886,910,760.01** (Ochocientos ochenta y seis millones novecientos diez mil setecientos sesenta pesos 01/100 M.N.).
- ♦ **Intereses del crédito accionista: \$2,650,420,326.22** (dos mil seiscientos cincuenta millones cuatrocientos veinte mil trescientos veintiséis pesos 22/100 M.N.).
- ♦ **Intereses del Crédito IVA: \$14,553,136.74** (catorce millones quinientos cincuenta y tres mil ciento treinta y seis pesos 74/100 M.N.).
- ♦ **Flujo distribuido a los accionistas: \$2,607,778,611.82** (dos mil seiscientos siete millones setecientos setenta y ocho mil seiscientos once pesos 82/100 M.N.).
- ♦ **Flujo de efectivo al final del Periodo: \$126,914,448.26** (ciento veintiséis millones novecientos catorce mil cuatrocientos cuarenta y ocho pesos 26/100 M.N.).

En total, T3 tiene un monto de **\$9,661,571,136.00** (nueve mil seiscientos sesenta y un millones quinientos setenta y un mil ciento treinta y seis pesos 00/100 M. N.), y que forman parte de la contraprestación y para comprobar los montos anteriores se realiza la siguiente operación.

Cuadro 18. Partidas incluidas en T3

PARTIDA	MONTO
Contraprestación T3 =	\$ 9,661,571,136.00
Actualización del saldo a favor del IVA (negativo)	-\$47,075,486.04
Gasto de operación variable	\$1,173,366,944.61
Impuesto Sobre la Renta	\$2,249,292,305.40
Inversiones capitalizables mantenimiento	\$886,910,760.01
Intereses del crédito accionistas	\$2,650,420,326.22
Intereses del crédito IVA	\$14,553,136.74
Flujo distribuido a los accionistas	\$2,607,778,611.82
Flujo de efectivo al final del periodo	\$126,914,448.26

Fuente: CEA.

VI. Análisis sobre el régimen de distribución de riesgos en contraprestaciones

Ahora bien, conforme al análisis específico de la distribución de riesgos del Proyecto Sistema Batán establecidos en el apartado IV del presente documento y una vez visto el alcance de las contraprestaciones indicadas en la sección que antecede, se puede advertir que se establecieron 26 riesgos, de los cuales 14 deben de ser asumidos por el privado como se advierte a continuación:

Cuadro 19. Riesgos asumidos por el Desarrollador

Riesgo	Impacto	Probabilidad
Obtención de permisos por parte del desarrollador	Crítico (C)	Alto
Riesgo de diseño	Crítico (C)	Muy Bajo
Riesgo de sobrecostos en la construcción	Severo (S)	Alto
Riesgo de atrasos en el desarrollo de la construcción de las obras	Severo (S)	Alto
Riesgo operativo	Moderado (Mo)	Moderado
Riesgo de nivel de servicio	Crítico (C)	Bajo
Riesgo de discontinuidad del servicio	Severo (S)	Bajo
Riesgo sanitario (contaminación del agua en construcción)	Crítico (C)	Moderado
Riesgo Sanitario (contaminación del agua en operación)	Crítico (C)	Bajo
Riesgos tarifarios	Moderado (Mo)	Bajo
Riesgo de obsolescencia tecnológica	Mínimo (Mi)	Muy Bajo
Riesgo de incremento en el precio de los insumos	Moderado (Mo)	Bajo
Riesgo de tasa de interés	Moderado (Mo)	Moderado
Riesgo de tipo de cambio	Moderado (Mo)	Moderado

Fuente: CEA.

De dichos riesgos, se advierte que los mismos se encuentran dentro de la construcción y operación del Proyecto Sistema Batán, por lo cual, al asumir el desarrollador los riesgos inherentes a la inversión, desarrollo y operación del proyecto, por el mismo requiere un pago de contraprestación por todos los conceptos efectivamente invertidos.

Ahora bien, en tanto a los riesgos públicos, se determinaron 12 riesgos, conforme a la siguiente tabla:

Cuadro 20. Riesgos asumidos por la CEA

Riesgo	Impacto	Probabilidad
Riesgo de adquisición de terrenos públicos	Crítico (C)	Bajo
Riesgo de adquisición de terrenos privados	Crítico (C)	Muy Bajo
Registro ante la UCEF	Crítico (C)	Muy Bajo
Obtención de permisos por parte de la CEA	Crítico (C)	Alto
Riesgo de declaración de licitación desierta	Crítico (C)	Muy Bajo
Riesgo en la demora en la aprobación de la adjudicación del contrato	Crítico (C)	Bajo
Riesgo de impugnación	Crítico (C)	Alto
Riesgo de determinación de normativa aplicable	Mínimo (Mi)	Moderado
Riesgos de cambios en la legislación pertinente	Mínimo (Mi)	Moderado
Autorización del decreto por la Legislatura local del Estado	Crítico (C)	Moderado
Riesgo de terminación del proceso de contratación	Severo (S)	Moderado
Riesgo de bancabilidad	Crítico (C)	Bajo

Fuente: CEA.

En relación a los riesgos a cargo de la CEA, en la misma se determinaron riesgos con motivo de la puesta a disposición de los bienes materia del Proyecto Sistema Batán, obtención de permisos, normativa aplicable, a la bancabilidad del proyecto y, por ende, al pago de las contraprestaciones.

Así, para el correcto desarrollo del Proyecto Sistema Batán, y en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 68, fracción IX de la Ley de APP, los riesgos inherentes a las contraprestaciones se establecen conforme a lo siguiente:

(i) Riesgos para el eventual Desarrollador:

1. La aportación de los recursos económicos y financieros necesarios a través del costo total del Proyecto Sistema Batán y aquellos que se requieran para su debida ejecución;



2. La aportación oportuna de los recursos humanos y materiales necesarios para el diseño, ingeniería, elaboración de proyecto ejecutivo, procura, rehabilitación, modernización, ampliación, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de un sistema de regeneración y potabilización de aguas para uso humano, conforme al Proyecto Sistema Batán;
3. El llevar a cabo en tiempo y forma la prestación de los servicios consistentes en el diseño, ingeniería, elaboración de proyecto ejecutivo, procura, rehabilitación, modernización, ampliación, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de un sistema de regeneración y potabilización de aguas para uso humano, conforme al Proyecto Sistema Batán;
4. Garantizar que el volumen de Agua Tratada o Agua Potable, según sea el caso, conforme a las lecturas del medidor en punto de entrega, bajo el entendido de que dicho volumen no podrá exceder de los 1,800 L/s de caudal promedio diario;
5. La obtención a su cargo y mantener vigentes las autorizaciones y la MIA que se requieran para el desarrollo del Proyecto Sistema Batán;
6. Que la vigencia del convenio y los permisos para descargas de aguas residuales y concesión de aprovechamiento de aguas superficiales del Proyecto Sistema Batán se encuentre vigente a partir de la suscripción y durante la vigencia del contrato;
7. Recibir la contraprestación por la inversión efectivamente realizada y los servicios ejecutados conforme al contrato y determinación de las mismas;
8. Responder por los incumplimientos derivados de la ejecución del Proyecto Sistema Batán, absorbiendo a su costa los descuentos o deducciones conforme a las penas convencionales, así como a la ejecución de garantías que correspondan en términos del contrato;
9. Contratar a su costa, las garantías y seguros que se requieran para la debida ejecución del Proyecto Sistema Batán.

(ii) **Riesgos para la CEA:**

1. Puesta a disposición de inmuebles para la ejecución del Proyecto Sistema Batán.



2. Pagar la Contraprestación por la inversión efectivamente ejecutada y la operación.

3. Gestiones y autorizaciones para los permisos que se requieran.

Bajo los supuestos anteriores, es necesario establecer que la APP, como mecanismo mixto de ejecución de proyectos entre el ente público y privado, establece que la CEA no garantiza ni asume ningún riesgo adicional, en tanto el eventual desarrollador deberá de asumir los riesgos inherentes al Proyecto Sistema Batán, incluyendo aquellos de carácter técnico, financiero, ambiental, regulatorio, legal, fiscal y operativo.

En este sentido, manifiesta que ha realizado su propio análisis y evaluación de los riesgos identificados, y cuyo contenido de distribución se encuentra en el proyecto de contrato.

Asimismo, con la finalidad de lograr un equilibrio en el Proyecto Sistema Batán, el privado no podrá reclamar compensación, reequilibrio económico, ajuste de contraprestación ni indemnización alguna por la materialización de los riesgos que le han sido asignados o adicionales a los establecidos conforme al proyecto de contrato.

En tanto, como riesgos compartidos, se tienen reconocidas las causas de caso fortuito o fuerza mayor que se presenten, así como todas las acciones inherentes en el periodo de preinversión en el cumplimiento de condiciones suspensivas.



VII. Proyecto de Contrato

Al presente documento se anexa el Proyecto de Contrato, mismo que contiene treinta y cinco cláusulas y considera veintidós anexos, los cuales fueron construidos conforme a lo establecido en el artículo 68 de la Ley de APP y cuenta con la validación de la Dirección General Jurídica de la CEA.

Dicho documento se encuentra integrado por lo siguiente:

- Cláusula primera: Interpretación y definiciones.
- Cláusula segunda: Anexos.
- Cláusula tercera: Objeto.
- Cláusula cuarta: Vigencia.
- Cláusula quinta: Ejecución del Proyecto Sistema Batán.
- Cláusula sexta: Localización del Proyecto Sistema Batán, inmuebles, servidumbres y derecho de vía.
- Cláusula séptima: Derechos y obligaciones del desarrollador.
- Cláusula octava: Derechos y obligaciones de la CEA.
- Cláusula novena: Régimen financiero del Proyecto Sistema Batán.
- Cláusula décima: Contraprestación.
- Cláusula décima primera: Fuente, forma y procedimiento de pago.
- Cláusula décima segunda: Deducciones.
- Cláusula décima tercera: Mecanismo de pago.
- Cláusula décima cuarta: Concesiones, permisos y autorizaciones.
- Cláusula décima quinta: Subcontratación.
- Cláusula décima sexta: Supervisión
- Cláusula décima séptima: Revisiones de calidad.
- Cláusula décima octava: Penas convencionales. 92
- Cláusula décima novena: Retrasos durante el periodo de inversión.
- Cláusula vigésima: Caso fortuito o fuerza mayor.
- Cláusula vigésima primera: Reequilibrio económico del proyecto.
- Cláusula vigésima segunda: Garantías de cumplimiento y vicios ocultos.
- Cláusula vigésima tercera: Seguros.
- Cláusula vigésima cuarta: Cesión de derechos, obligaciones y garantías.
- Cláusula vigésima quinta: Riesgos inherentes al proyecto.
- Cláusula vigésima sexta: Asuntos laborales.
- Cláusula vigésima séptima: Indemnizaciones.
- Cláusula vigésima octava: Terminación anticipada y rescisión.
- Cláusula vigésima novena: Propiedad intelectual.
- Cláusula trigésima: Confidencialidad.
- Cláusula trigésima primera: Representantes, comunicación y notificaciones.
- Cláusula trigésima segunda: Actos y hechos que puedan generar una modificación al contrato.



- Cláusula trigésima tercera: Ley aplicable; procedimiento de resolución de controversias.
- Cláusula trigésima cuarta: Transmisión de bienes al terminar el contrato
- Cláusula trigésima quinta: Otras disposiciones generales.

VIII. Conclusiones.

En conclusión, el presente instrumento permite identificar la problemática que constituye la escasez de agua a la que hoy en día se enfrenta el Estado de Querétaro; de ahí que esta situación ha exigido al Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro, a través de la CEA, la tarea de encontrar e incorporar nuevas fuentes de abastecimiento de agua para la ZMQ, que permitan satisfacer de manera completa y bajo los parámetros establecidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Querétaro; y demás normativa aplicable.

Así teniendo el Proyecto Sistema Batán como una solución real, pronta, pero sobre todo que permita garantizar a las y los ciudadanos del Estado de Querétaro, que el Gobierno del Estado continua trabajando por brindar y hacer llegar el servicio de agua potable.

Así, expuesta, analizada y estudiada la estructura del Proyecto Sistema Batán, se puede inferir que dichos componentes a la larga permitirán detener la sobreexplotación de los mantos acuíferos, permitiendo así una recuperación y con ello, asegurando la sostenibilidad del agua potable, la regeneración de ecosistemas existentes cerca de la zona y con ella logrando un balance en el sistema ecológico.

Ahora bien, dentro del análisis realizado, el Proyecto Sistema Batán al ser una APP, como mecanismo de colaboración mixta entre la iniciativa privada y los entes públicos, cuenta con una adecuada distribución de riesgos inherentes al mismo, generando equilibrio entre la CEA y el eventual desarrollador, advirtiéndose que existen procesos en los cuales, el desarrollador adquiere la mayoría de los riesgos, en tanto la CEA deberá de garantizar el pago de contraprestaciones.



IX. Glosario

APP: Asociación Público Privada.

CEA: Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

L/s: Litros por Segundo.

Ley de APP: Ley de Asociaciones Público Privadas para el Estado de Querétaro.

M: Metro.

MBR: Reactor Biológico de Membrana.

Proyecto Sistema Batán: Proyecto realizado por la CEA bajo el esquema de Asociación Público Privada, consistente en el diseño, ingeniería, elaboración del proyecto ejecutivo, procura, rehabilitación, modernización, ampliación, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de un sistema de regeneración y potabilización de aguas para uso humano en la Zona Metropolitana del Estado de Querétaro, con una capacidad de hasta 1,800 litros por segundo de agua potable.

PROAGUA: Programa de Agua, Potable, Drenaje y Tratamiento.

PTAR AH: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Arroyo Hondo.

PTAR SPM: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Pedro Mártir.

PTAR Sur: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sur.

Reglamento de APP: Reglamento de la Ley de Asociaciones Público Privadas para el Estado de Querétaro.

ZMQ: Zona Metropolitana de Querétaro.



X. Tabla de Cuadros, Gráficas e Ilustraciones

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Clasificación de todos bajo la NOM-004-SEMARNAT-2002
Cuadro 2.	Tanques
Cuadro 3.	<i>Plantas de humedal</i>
Cuadro 4.	<i>Definición y Criterio del Riesgo de Impacto.</i>
Cuadro 5.	Definición de la Probabilidad de Ocurrencia del Riesgo
Cuadro 6.	Escala de Matriz de Riesgos
Cuadro 7.	<i>Matriz Específica del Taller de Identificación de Riesgos</i>
Cuadro 8.	<i>Impacto de Riesgo y Probabilidad de Ocurrencia para los Riesgos Identificados</i>
Cuadro 9.	Percentiles P95, P50 y P5 para los Riesgos Identificados
Cuadro 10.	Matriz de Riesgos Final
Cuadro 11.	Monto de los elementos de la Contraprestación
Cuadro 12.	Monto de Contraprestación Anual
Cuadro 13.	Contraprestación T1a
Cuadro 14.	Supuestos del crédito senior
Cuadro 15.	Pago de Capital e Intereses
Cuadro 16.	Contraprestación T1b en operación total y parcial
Cuadro 17.	Desglose gastos operativos
Cuadro 18.	<i>Partidas incluidas en T3</i>
Cuadro 19.	Riesgos asumidos por el Desarrollador
Cuadro 20.	Riesgos asumidos por la CEA

Ilustraciones

Ilustración 1.	Calendario Estimado de Obras
Ilustración 2.	Diapositiva Sistema de Reúso El Batán en Querétaro

SISTEMA BATÁN AGUA PARA QUERÉTARO

