SISTEMA BATÁN
AGUA PARA QUERÉTARO
ANEXO 12

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO GOBIERNO DEL ESTADO Juntos, Adelante.

QUERETARO Comisión Estatal de Agua

SIN TEXTO

Ley de Asociaciones Público Privadas para el Estado de Querétaro.
Artículo 11

VIII. El análisis costo beneficio del Proyecto, con el fin de determinar con base a metodología específica, si el Proyecto presenta mayores beneficios para el interés público, realizándolo a través de una modalidad de asociación público privada

COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS

SIN TEXTO

SIN TEXTO

2

QUERÉTARO

QUERÉTARO
JUNTOS, ADELANTE.

QUERETARO
Comisión Estatal de Aguas

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

Proyecto Sistema Batán

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓN
DE A

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

ÍNDICE

SIN TEXTO

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

SIN TEXTO

ÍNDICE DE CUADROS

SIN TEXTO

SIN TEXTO

SIN TEXTO

ÍNDICE DE GRÁFICAS

SIN TEXTO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

I. RESUMEN EJECUTIVO

Problemática, objetivo y descripción del PPI	
Objetivo del PPI	Aumentar la oferta de agua potable en cantidad y calidad para la población de los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón del Estado de Querétaro, mediante la construcción y mejoramiento de la infraestructura hidráulica que comprende 3 estaciones regeneradoras de agua, una planta potabilizadora y demás obras de captación, conducción y distribución que permitirá ofrecer 1,800 L/s adicionales de agua potable, lo que equivale a 56,764,800 m³/año, volumen que se dispondrá a partir de 2029 y durante un periodo de operación de 27 años, posteriores a los 3 años de construcción (Horizonte de evaluación 30 años).
Problemática Identificada	La ZMQ debido a la dimensión y a la diversidad de los problemas para el suministro de agua, así como su gran crecimiento poblacional, es considerada como un área crítica, en la que tanto la cantidad como la calidad son aspectos prioritarios como lo han identificado diversas investigaciones tanto nacionales como internacionales. (Kaperson et al., 1995; Aguirre et al., 1995, Escurra y Mazari-Hiriart, 1996). Actualmente, el Gobierno del estado abastece a la población por medio de distintas fuentes, siendo la principal la extracción de agua subterránea, la cual se realiza por el

SIN TEXTO

	bombeo de agua mediante pozos que la envían a tanques de almacenamiento para su incorporación a líneas de conducción y distribución hasta la entrega final al usuario. Es importante mencionar que el efecto de esta extracción es la sobreexplotación de los mantos, y por ende el abatimiento de los niveles de los acuíferos de acuerdo con datos de la CEA (CEA, 2019). Lo cual no es sostenible en el tiempo, por lo que se requiere aumentar la oferta de agua para mitigar la explotación del agua subterránea Con las condiciones actuales del sistema y de los usos de las aguas en el estado de Querétaro, sólo se podrían abastecer las demandas de agua aproximadamente hasta el año 2035 (CEA, 2014), considerando que para ello se tendría que seguir sobreexplotando los mantos acuíferos y utilizando la infraestructura hidráulica con que se cuenta. En resumen, la problemática central se identifica como la insuficiente oferta de agua de las actuales fuentes de abastecimiento; producto de la sobreexplotación del recurso que tiene como propósito satisfacer el crecimiento de la población, lo que ocasionará la reducción de la disponibilidad de agua potable, en el corto y mediano plazo, afectando a la población de la zona de estudio.
Breve descripción del PPI	La CEA es un organismo descentralizado del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro encargado de los servicios de agua

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN
DE A

potable, drenaje y saneamiento en la entidad, concibe un proyecto innovador para enfrentar la problemática descrita, el cual consiste en desarrollar infraestructura hidráulica y acciones pertinentes para la recolección, conducción, tratamiento y potabilización con tecnologías de alta gama, de las aguas residuales municipales de la ZMQ, para la producción de agua renovada para uso doméstico y consumo humano.

Para lograr lo anterior se plantean las siguientes obras y acciones:

Tratamiento

La PTAR Sur, se rehabilitará, modernizará y se ampliará 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 60 L/s expandible a 120 L/s.

Colectores

Se realizarán trabajos de rehabilitación e interconexión en el sistema de colectores actual para garantizar los caudales de agua residual que satisfagan la capacidad de diseño de las plantas de tratamiento.

Conducción

Líneas conducción de las aguas tratadas con una distancia

SIN TEXTO

aproximada de 18 km dividida en dos tramos, el primer tramo inicia de la PTAR SPM hacia la PTAR Sur, en donde convergen las tuberías de ambas PTARs en un cárcamo, con lo cual se podrán verter en un segundo tramo las aguas bombeadas a la corriente principal formadora del vaso de la presa El Batán.

Las aguas provenientes de las PTARs se incorporarán a la corriente principal formadora del vaso de la presa El Batán.

Humedal

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.

Presa El Batán

El agua será extraída del vaso mediante la construcción de una obra de toma que bombeará el agua a la Planta Potabilizadora.

Planta Potabilizadora.

Se construirá una planta potabilizadora de alta gama para una capacidad nominal de 1,800 L/s.

Tanque de Regulación

SIN TEXTO

Una vez potabilizada el agua, se realizará una regulación mediante un tanque con capacidad aproximada de 30,000 m^3 y se colocará una casa de máquinas de la cual se impulsarán y distribuirán las aguas en tres derivaciones o líneas de impulsión.

Líneas de Impulsión

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 distancia aproximada de 4.0 km, de la Planta Potabilizadora al Tanque El Progreso.
3. La tercera línea de impulsión con 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.

Obra Eléctrica

Paquete de acometidas eléctricas, posibles subestaciones, etc.

Otros

- Tenencia de la tierra y derechos de vía.
- Trámite de permisos descarga y concesión de aguas para la ZMQ.
- Gastos de pre-construcción: Estudios, análisis,

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

	anteproyectos.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación	El horizonte de evaluación se contempla para 30 años, desglosados de la siguiente forma: Inversión: 36 meses de inversión (3 años) distribuidos en 4 ejercicios fiscales. Operación: 27 años
Descripción de los principales costos del PPI	El monto total de inversión asciende a $ 11,043,501,967.09 IVA incluido (Once mil cuarenta y tres millones quinientos un mil novecientos sesenta y siete pesos 09/100 m.n.) IVA incluido); el desglose por componentes principales se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Desglose por Componentes

Concepto	Inversión
Preinversión	$1,057,334,198.75
Colectores	$787,945,977.48
Estaciones Regeneradoras de Agua-ERAS	$2,149,405,931.03
Líneas de Conducción de Aguas Regeneradas (Líneas Moradas)	$1,234,710,742.23
Humedal	$63,283,086.87
Obra de Toma	$201,396,318.84
Planta Potabilizadora	$1,981,789,418.60

SIN TEXTO

Líneas de Impulsión de Agua Potable	$858,800,935.57
Tanques	$914,496,768.71
Infraestructura eléctrica	$284,041,321.27
Sistema de Control Supervisorio	$57,750,000.00
Subtotal	**$9,590,954,699.35**
IVA	$1,452,547,267.74
Total	**$11,043,501,967.09**

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de operación y mantenimiento ascienden a $859,379,022.94 (ochocientos cincuenta y nueve millones trescientos setenta y nueve mil veintidós pesos 94/100 M.N.), para años no bisiestos incluyendo IVA, a lo largo del periodo de operación (27 años); se realizaría un mantenimiento mayor que representaría $598,365,273.43 (quinientos noventa y ocho millones trescientos sesenta y cinco mil doscientos setenta y tres pesos 43/100 M.N.), IVA incluido, distribuidos en dos años 15 y 16 del periodo de operación y $430,451,208.19 (cuatrocientos treinta millones cuatrocientos cincuenta y un mil doscientos ocho pesos 19/00 M.N.), que se desembolsarían también en 2 años, 25 y 26 del periodo de operación del Proyecto.

SIN TEXTO

Descripción de los principales beneficios del PPI	Los principales beneficios identificados con la implementación del PPI se enlistan a continuación: ● Mayor disponibilidad de agua potable que incrementará el consumo. Con la puesta en operación del Proyecto se incrementará un 55%, es decir, de 7.49 m^3/toma/mes pasará a 11.61 m^3/toma/mes por toma doméstica, el primer año de operación 2029, en beneficio de la población de los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón del estado de Querétaro. ● Liberación de recursos en la población. Con la entrada en operación del Proyecto se dotará de un caudal adicional de 1,800 L/s de agua potable, lo que disminuirá el consumo de agua mediante el abastecimiento de pipas, el cual oscila en promedio $200 (doscientos pesos 00/100 M.N.) por metro cúbico, lo que implica un ahorro económico para la población de la zona de estudio. ● Recuperación de mantos acuíferos ya que actualmente estos se encuentran en condiciones de sobreexplotación poniendo en riesgo la fuente de abastecimiento de agua de continuar con esta tendencia. ● Reducción de malos olores y fauna nociva, con la rehabilitación y ampliación de las PTAR´s se considera dar tratamiento a un mayor caudal de

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COMISIÓ
DE

	aguas residuales, beneficiando al medio ambiente y a la población. ● Cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-2021, NOM-003-SEMARNAT-1997, NOM-004-SEMARNAT-2002 y NOM 127-SSA1-2021.
Monto total de inversión (con IVA)	El monto total de inversión asciende a $ 11,043,501,967.09 IVA incluido (Once mil cuarenta y tres millones quinientos un mil novecientos sesenta y siete pesos 09/100 m.n.) IVA incluido)
Riesgos asociados al PPI	De acuerdo con la información analizada para la presente evaluación socioeconómica, se identificaron los siguientes riesgos: ● Riesgos en la adquisición de terrenos, por no obtener los bienes inmuebles y las concesiones correspondientes. ● Riesgos en la ejecución del Proyecto, atrasos en el desarrollo de la construcción de las obras, sobrecostos en la construcción. ● Riesgos de conflictos sociales al Proyecto, por la negación de la población a la ejecución y operación del Proyecto. ● Riesgos en el mantenimiento y la operación del Proyecto, por el incremento de insumos

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓN
DE A

Indicadores de Rentabilidad del PPI	
Valor Presente Neto (VPN)	$3,959,932,176.00 (tres mil novecientos cincuenta y nueve millones novecientos treinta y dos mil ciento setenta y seis pesos 00/100 M.N).
Tasa Interna de Retorno (TIR)	12.14%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	13.59%
Conclusión	
Conclusión del Análisis del PPI	Se analizaron y evaluaron dos alternativas para la solución de la problemática identificada; la Alternativa I utilizando tecnología avanzada MBR para el tratamiento de agua residual y Alternativa II con tecnología MBBR; ambas ofrecen los mismos beneficios, por lo que se optó por calcular los costos anuales equivalentes de ambas alternativas para seleccionar la que ofrece el menor costo, resultando que el Proyecto Sistema Batán utilizando tecnología avanzada MBR, Alternativa I constituye la mejor alternativa para incrementar en el corto y mediano plazo la capacidad de abastecimiento de agua para los 5 municipios que integran la zona de estudio, ya que el Valor Presente de Costos de la Alternativa I por $14,514,836,698

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

(Catorce mil quinientos catorce millones ochocientos treinta y seis mil seiscientos noventa y ocho pesos 00/100 M.N.) es menor que el obtenido para la Alternativa II cuyo VPC alcanzó $14,795,627,974 (Catorce mil setecientos noventa y cinco millones seiscientos veintisiete mil novecientos setenta y cuatro pesos 00/100 M.N.); en tanto que los Costos Anuales Equivalentes que se obtuvieron fueron de $ 1,571,341,999 (Un mil quinientos setenta y un millones trescientos cuarenta y un mil novecientos noventa y nueve pesos 00/100 M.N.) y $1,601,739,800 (Un mil seiscientos un millones setecientos treinta y nueve mil ochocientos pesos 0/100 M.N.) para la Alternativa I y Alternativa II respectivamente para la Alternativa I y Alternativa II respectivamente.

El proyecto de inversión propuesto es rentable, bajo supuestos razonables, ya que generaría beneficios netos, expresados en valor presente equivalentes alrededor de $3,959,932,176 (Tres mil novecientos cincuenta y nueve millones novecientos treinta y dos mil ciento setenta y seis pesos 00/100 M.N.) con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12.14% mayor que la tasa social de descuento utilizada del 10.00%, y una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 13.59%, ésta última indica que el momento óptimo para la entrada en operación del Proyecto es el año 2029 tal como ha sido planteado a 3 años de construcción 2026-2028: es en ese año que la TRI calculada es igual o mayor a la tasa social de descuento.

SIN TEXTO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el Proyecto es factible técnica, económica, legal y ambientalmente y es de alta prioridad destinar recursos para su ejecución a fin de mitigar la problemática de escasez de agua en los 5 municipios de la ZMQ.

Los análisis de sensibilidad mostraron que el Proyecto presenta muy baja sensibilidad al incremento de los costos de inversión, (45.2% para que el VPN=0); al incremento en los gastos de operación y mantenimiento (incremento de 68.2% para VPN=0), y con baja sensibilidad a la disminución de los beneficios (disminución de 15.99 % para VPN=0).

II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI

El presente análisis de costo beneficio se realizó en atención a los "Lineamientos para elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión" emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público vigentes.

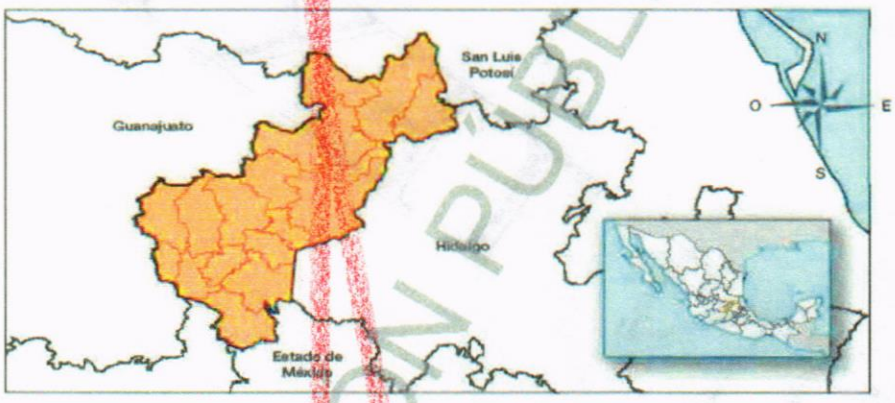
II.1. Aspectos Generales que impactan la oferta y demanda de agua relevantes para el Proyecto de inversión.

A continuación, se presentan los aspectos que impactan la oferta y demanda de agua en una región determinada, tales como población, clima, hidrología, etc.

SIN TEXTO

El estado de Querétaro se localiza en la región centro norte del país, colindando al norte con los estados de Guanajuato y San Luis Potosí, al sur con los estados de México, Hidalgo y Michoacán, al este con el estado de Hidalgo y al oeste con el estado de Guanajuato. De acuerdo con las cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el estado de Querétaro cuenta con una extensión territorial total de 11,690 km^2, que representa 0.6 % del territorio nacional.

Ilustración 1. Ubicación geográfica del estado de Querétaro



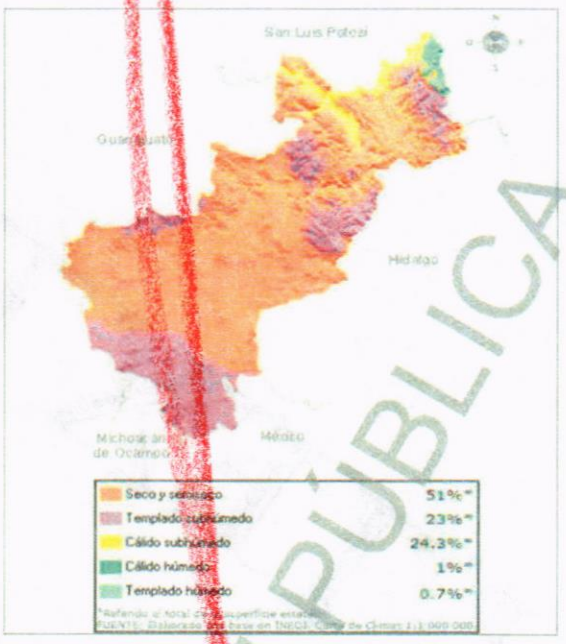
Fuente: INEGI.

El clima en el estado de Querétaro se encuentra condicionado por factores geográficos, tales como su orografía y su ubicación con respecto a los sistemas de flujo atmosférico del Golfo de México.

De acuerdo con datos del INEGI, el 51% de la superficie del estado presenta clima seco y semiseco localizado en la región centro; el resto del territorio presenta 24.3% clima cálido subhúmedo en la región de la Sierra Madre Oriental; el 23% presenta clima templado subhúmedo localizado en la región sur, centro y noreste; el 1% presenta clima cálido húmedo hacia el noreste y el restante 0.7% presenta clima templado húmedo al noreste de estado.

SIN TEXTO

Ilustración 2. Tipo de clima en el estado de Querétaro



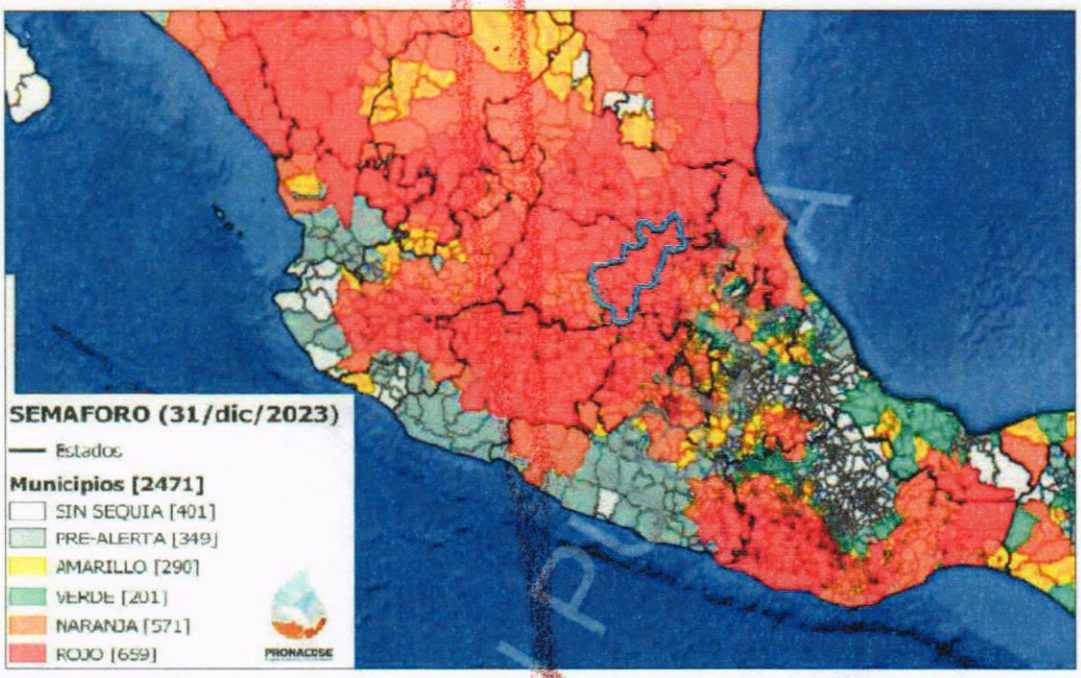
Fuente: INEGI.

Con base en la información del INEGI, la temperatura media anual del estado es de 18°C, la temperatura máxima promedio es de 28°C y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 6°C durante el mes de enero.

De acuerdo con el Monitor de Sequía de México del Servicio Meteorológico Nacional, el estado de Querétaro ha presentado diversos rangos de intensidad de sequía, desde abril de 2018 hasta agosto de 2021 la magnitud del semáforo variaba desde el color verde hasta llegar al color rojo. Y de nuevo el semáforo se activó en verde en abril de 2022 y presentó diversas variaciones, a diciembre de 2023 el semáforo se encontraba en rojo para los 18 municipios del estado, como se muestra en la siguiente imagen:

SIN TEXTO

Ilustración 3.Semáforo preventivo por sequía al 31 de diciembre de 2023



Fuente: CONAGUA, Semáforo Preventivo por Sequía, SPS.

La CONAGUA recomienda a los diversos usuarios, que lleven a cabo las medidas de racionamiento en función de sus posibilidades y características de la región y de sus localidades, medidas que podrán implementar con la finalidad de contar con una reserva de agua para el caso que la intensidad y magnitud de la sequía se incrementen con el paso de los meses, buscando privilegiar siempre el abastecimiento doméstico y público/urbano, conforme a los lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía", publicados en el Diario Oficial de la Federación, el día 22 de noviembre de 2012.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

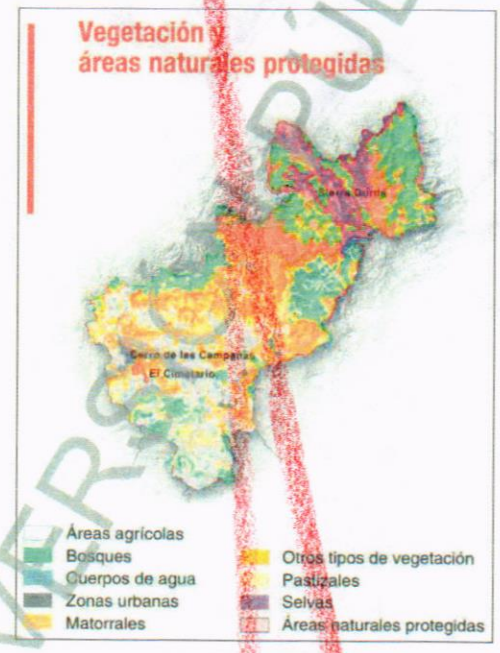
QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Vegetación

La vegetación que predomina en el Estado de Querétaro son los matorrales que se ubican en la parte central del estado; le siguen en importancia los bosques de coníferas y encinos que se ubican en las zonas altas del norte y las selvas secas en las partes bajas del centro y norte de la entidad. Los pastizales se localizan en las áreas cercanas a los bosques y selvas. La superficie agrícola ocupa 30% del total del territorio, que ha desplazado a la vegetación original del sur.

Ilustración 4. Vegetación y áreas naturales protegidas del estado de Querétaro



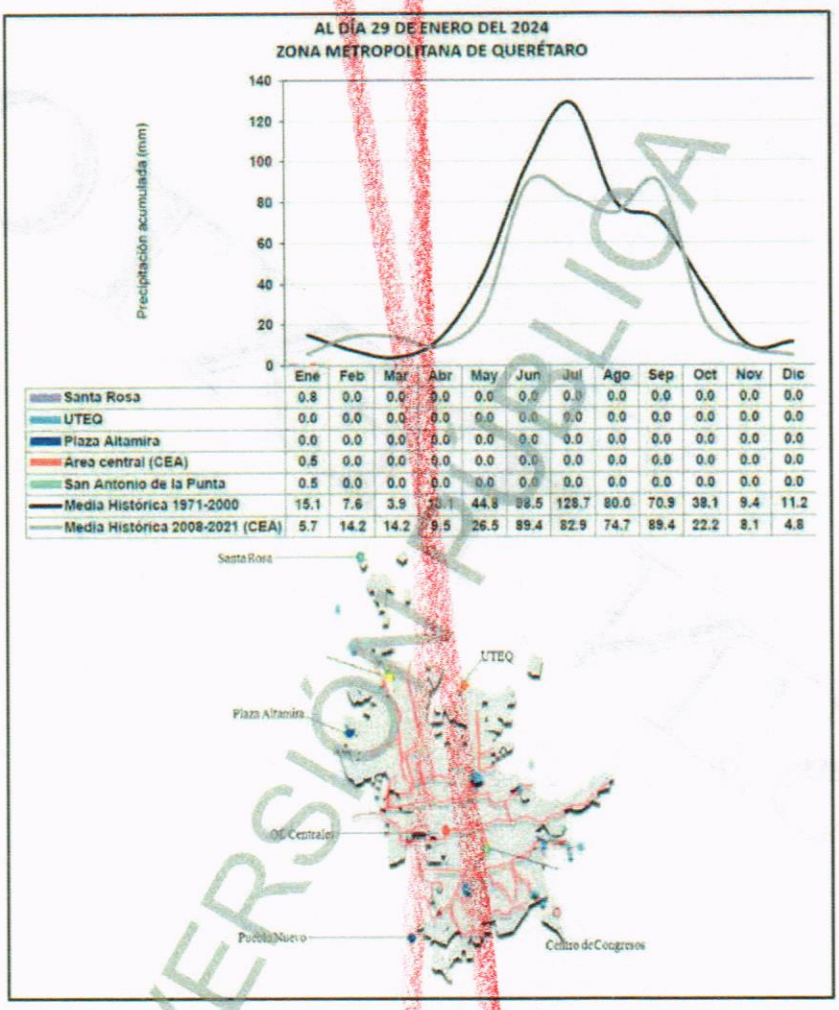
Fuente: CONABIO.

Precipitación

La precipitación media estatal es de 570 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre, como se muestra en la siguiente imagen:

SIN TEXTO

Ilustración 5. Reporte de precipitación acumulada



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Santa Rosa	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
UTEQ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Plaza Altamira	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Area central (CEA)	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
San Antonio de la Punta	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Media Histórica 1971-2000	15.1	7.6	3.9	10.1	44.8	98.5	128.7	80.0	70.9	38.1	9.4	11.2
Media Histórica 2008-2021 (CEA)	5.7	14.2	14.2	9.5	26.5	89.4	82.9	74.7	89.4	22.2	8.1	4.8

Fuente: CEA.

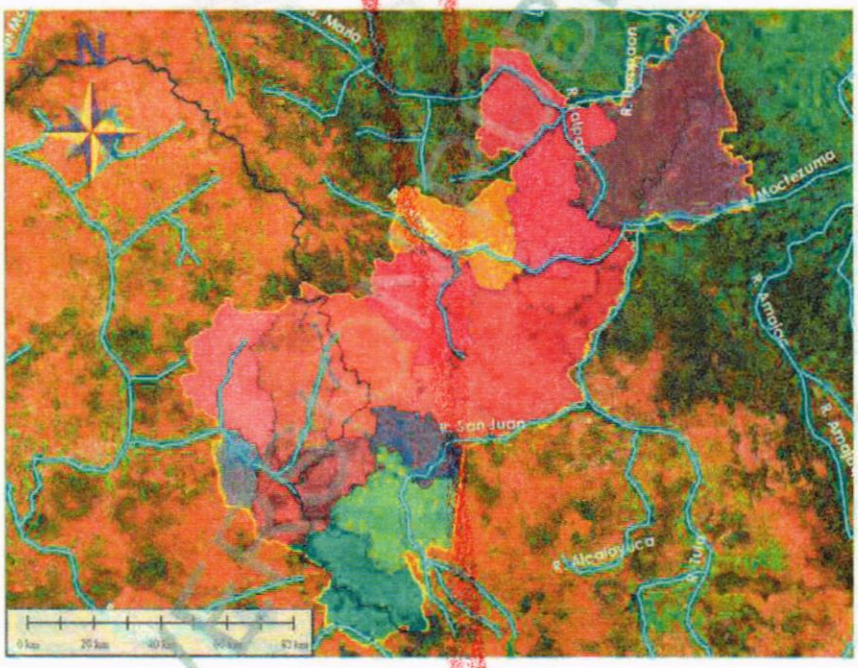
Hidrología

El estado de Querétaro se encuentra dividido por el parteaguas de dos regiones hidrológicas: la región 12 Lerma – Santiago, que drena al Océano Pacífico y la región 26

SIN TEXTO

Pánuco que drena al Golfo de México. Por el lado de la cuenca 12 Lerma- Santiago, los climas secos y semisecos determinan la presencia de corrientes poco caudalosas, como los ríos Querétaro, El Pueblito, Juriquilla y otros de menor extensión. La región 26 Pánuco, abarca una mayor extensión y comprende la cuenca del río Tampaón, en la que destacan afluentes como el río Santa María y la cuenca del río Moctezuma, con sus principales afluentes: los ríos Xichú, Extoraz, Tolimán, San Juan, Arroyo Zarco, San Idelfonso y Caracol.

Ilustración 6. Afluentes del estado de Querétaro



Fuente: CONABIO.

Dentro del estado de Querétaro, se cuenta con aprovechamientos hidráulicos como son las presas. En general, las presas del estado no almacenan un volumen mayor a 100 hm^3, a excepción de la presa Zimapán, la cual almacena un volumen cercano a 1,284.8

SIN TEXTO

hm³. Esta presa se encuentra entre los límites de Querétaro e Hidalgo, siendo una de las principales obras de infraestructura hidráulica de la región.

El recurso hidráulico subterráneo se obtiene de los acuíferos del estado, que, de acuerdo con la CONAGUA, cuenta con 11 de ellos. A continuación, se presenta información sobre los 11 acuíferos tanto del volumen concesionado, disponibilidad del agua subterránea, extracción actual y la recarga media del acuífero; además de lo anterior, se identifica cuál de ellos se encuentra sobreexplotado.

Cuadro 2. Volúmenes de acuíferos de Querétaro

No.	Clave	Acuífero	Recarga media anual (hm^3/año)	Descarga natural comprometida (hm^3/año)	Volumen de extracción de aguas subterráneas (hm^3/año)	Disponibilidad media anual de agua subterránea (hm^3/año)
1	2201	VALLE DE QUERÉTARO	70.0	4.0	131.56	-65.56
2	2202	VALLE DE AMAZCALA	34.0	2.8	53.36	-22.16
3	2203	VALLE DE SAN JUAN DEL RÍO	277.9	0.0	334.79	-56.89
4	2204	VALLE DE BUENAVISTA	9.5	0.1	23.28	-13.88
5	2205	VALLE DE TEQUISQUIAPAN	108.1	2.6	110.65	-5.15
6	2206	VALLE DE CADEREYTA	4.1	0.0	3.66	0.44
7	2207	TOLIMÁN	8.4	2.9	10.44	-4.94
8	2208	VALLE DE HUIMILPAN	20.0	2.0	22.54	-4.54
9	2209	VALLE DE AMEALCO	22.5	0.8	19.05	2.65
10	2210	MOCTEZUMA	50.0	6.5	0.32	43.18
11	2211	TAMPAÓN-ZONA DE SIERRA	49.0	13.6	2.94	32.46
		Total	653.50	35.30	712.59	-94.39

Fuente: CONAGUA 2023.

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN
DE AG

Con base en el cuadro anterior, se observa que el volumen total de lo que se extrae en el estado de Querétaro (712.59 hm^3), es 9% mayor a la capacidad de recarga de los acuíferos (653.5 hm^3). Esto implica que 7 de los 11 acuíferos localizados dentro de la entidad se encuentran sobre explotados.

Aunado a lo anterior, se muestra la calidad de los acuíferos pertenecientes a la zona de estudio, indicando el nivel de calidad de acuerdo con los contaminantes presentes en el agua, y representándolos con tres colores distintos (verde, rojo y amarillo), donde el rojo indica el no cumplimiento de los parámetros, el amarillo el no cumplimiento con alguno de ellos y el verde que cumple con los límites permisibles de acuerdo con las normas vigentes de calidad del agua. La medición de los parámetros mencionados se realizó por medio de pozos, en el cuadro siguiente se muestra la ubicación de los lugares donde se llevó a cabo el muestreo.

Cuadro 3. Nivel de contaminación de acuíferos (SINA, 2022)

Clave	Organismo de Cuenca	Municipio	Acuífero	Semáforo
DLGUA6128	Golfo norte	San Juan del Río	Valle de San Juan	Rojo
DLQUE2088	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle de Querétaro	Rojo
DLQUE2089	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle de Querétaro	Rojo
DLQUE2090	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle de Querétaro	Rojo
DLQUE2092	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle de Querétaro	Verde
DLQUE2109	Golfo norte	San Juan del Río	Valle de San Juan del Río	Verde
DLQUE2116	Golfo norte	San Juan del Río	Valle de San Juan del Río	Verde
DLQUE2120	Golfo norte	San Juan del Río	Valle de San Juan del Río	Verde
DLQUE2126	Golfo norte	Tequisquiapan	Valle de Tequisquiapan	Verde
DLQUE2132	Golfo norte	San Juan del Río	Valle de San Juan del Río	Verde
DLQUE2137	Golfo norte	San Juan del Río	Valle de San Juan del Río	Verde
DLQUE2151	Golfo norte	Colón	Valle de Amazcala	Verde
DLQUE2154	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle de Querétaro	Amarillo
DLQUE2155	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle de Querétaro	Verde

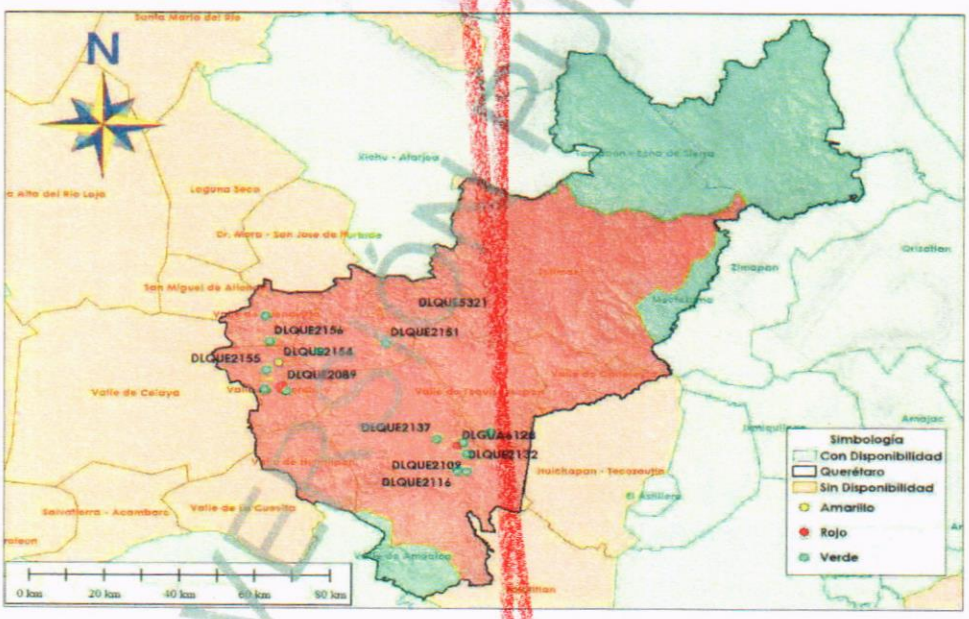
SIN TEXTO

Clave	Organismo de Cuenca	Municipio	Acuífero	Semáforo
DLQUE2156	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle de Celaya	Verde
DLQUE2158	Lerma Santiago Pacífico	Querétaro	Valle Buenavista	Verde
DLQUE2159	Lerma Santiago Pacífico	El Marqués	Valle de Amazcala	Verde
DLQUE5321	Golfo norte	Tolimán	Tolimán	Rojo
DLQUE5413	Lerma Santiago Pacífico	Amealco de Bonfil	Valle de Querétaro	Verde

Fuente: CONAGUA, calidad del agua.

Con referencia en el cuadro anterior, se muestra la imagen de la ubicación de los lugares donde se llevó a cabo el muestreo.

Ilustración 7. Ubicación de los muestreos de calidad de agua subterránea



Fuente: CONAGUA.

De acuerdo con los análisis realizados por la CONAGUA se consideraron diferentes parámetros para determinar la contaminación del agua, los cuales fueron: el arsénico, cadmio, coliformes fecales, cromo, dureza, mercurio, hierro, plomo, entre otros.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

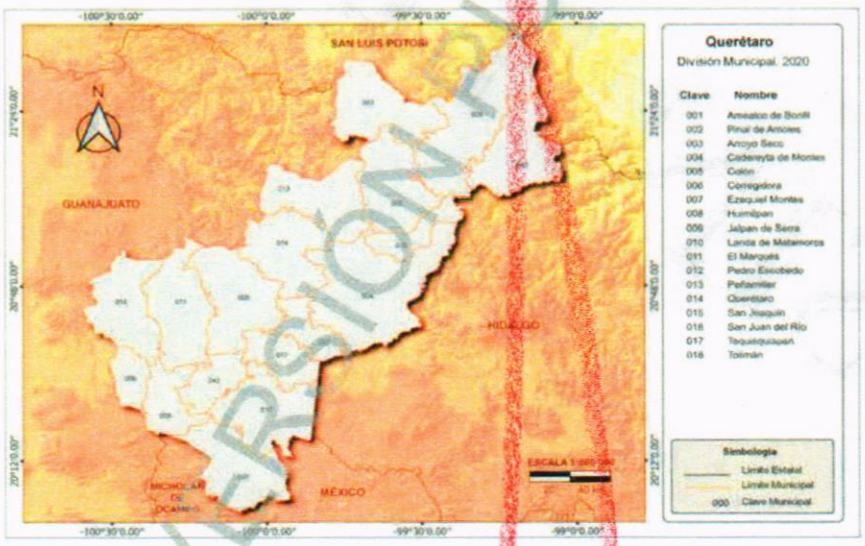
CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Aspectos socioeconómicos

Demografía

El estado de Querétaro cuenta con 18 municipios, con una población de 2,368,467, ocupando el lugar 21 a nivel nacional por su número de habitantes, siendo el municipio de Querétaro el más poblado del estado, con un total de 1,049,777 habitantes al 2020, seguido del municipio de San Juan del Río con 297,804 habitantes y en tercer lugar el municipio de El Marqués con 231,668 habitantes.

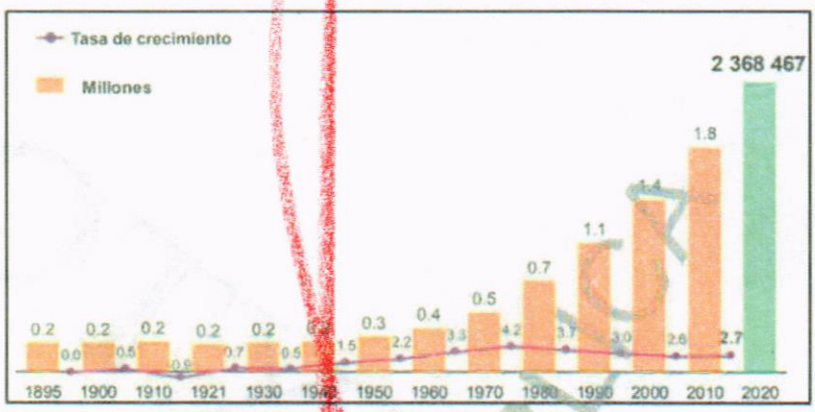
Ilustración 8. División política de Querétaro



Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020.

SIN TEXTO

Gráfica 1. Tasa de crecimiento promedio anual, 1895-2020



Fuente: INEGI.

Economía

Dentro del estado de Querétaro la aportación al PIB es del 2.4% por parte de las actividades primarias (agricultura, pesca, caza, obtención de materia prima, etc.), 40% de las actividades secundarias (Industria de la minería, manufacturas, construcción y electricidad), y un 57.6% de las actividades terciarias (distribución de bienes, actividades de información de activos, servicios finales, recreación, etc.).

Refiriéndonos a la población económicamente activa, se tuvo que, para el tercer trimestre del 2024, la tasa de participación laboral fue del 60.4%, implicando un aumento de 1.46 puntos respecto del trimestre anterior. Por otro lado, la tasa de desocupación fue de 2.39% disminuyendo 0.35 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior.

De acuerdo con el INEGI existen 283,591 mujeres y 405,608 hombres que laboran en la entidad, siendo un total de 689,199 trabajadores, lo equivalente a 2.5% del total nacional.

SIN TEXTO

Ilustración 9. Población activa

Fuente: INEGI.

Movimientos poblacionales

De acuerdo con la información estadística poblacional, se tiene que las principales causas de migración en la entidad son: familia y trabajo, correspondiendo a un 30.7% y 20.6% respectivamente, el resto se atribuye a distintos factores, como son la cambio u oferta de trabajo, inseguridad delictiva o la educación.

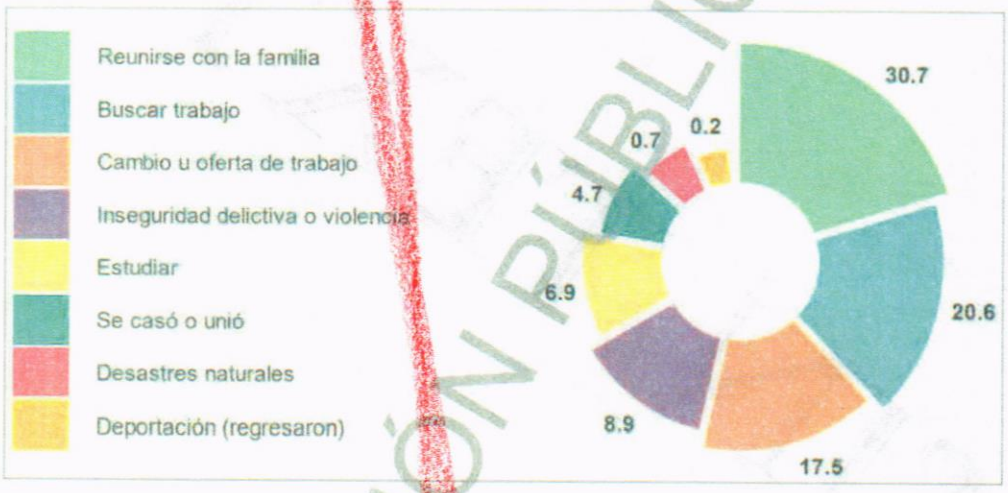
Entre el 2015 y el 2020 emigraron cerca de 60,760 personas a diferentes estados dentro del país, destacando como destino principal el estado de Guanajuato y el estado de

SIN TEXTO

México; alrededor de 18,337 personas emigraron con destino a otro país, de las cuales 74 de cada 100 emigraron a Estados Unidos.

Para el mismo periodo de tiempo inmigraron cerca de 195,760 personas, procedentes de las entidades del resto del país.

Gráfica 2. Movimientos poblacionales



Fuente: INEGI.

Crecimiento urbano

De la información pública, obtenida del Plan de Desarrollo del Estado de Querétaro 2021-2027, en el punto número 7 "Proyectos Prioritarios", Eje 3 "Economía Dinámica y Prosperidad Familiar" destaca la idea de reorientar el crecimiento de las zonas metropolitanas para incrementar la densidad poblacional y contar con ciudades más eficientes y que optimicen el desplazamiento del personal y de sus bienes.

SIN TEXTO

Con lo anterior, se prevé la importancia de inversión en infraestructura para la movilidad sostenible, así como fortalecer las normas y programas de desarrollo urbano existente.

Se contempla la prioridad de mejora en las interacciones y transacciones entre los actores de la economía, con la finalidad de mejorar el desempeño de esta. Se considera una política de reactivación económica que tiene como componente central la conservación y generación de empleos.

Continuamente se busca la atracción de inversión nacional y extranjera, siendo conscientes de las externalidades positivas en términos de incorporación de insumos locales en los procesos productivos, que pueden ser aprovechadas para incrementar el valor agregado de los bienes y servicios producidos en el estado.

Nivel de vida

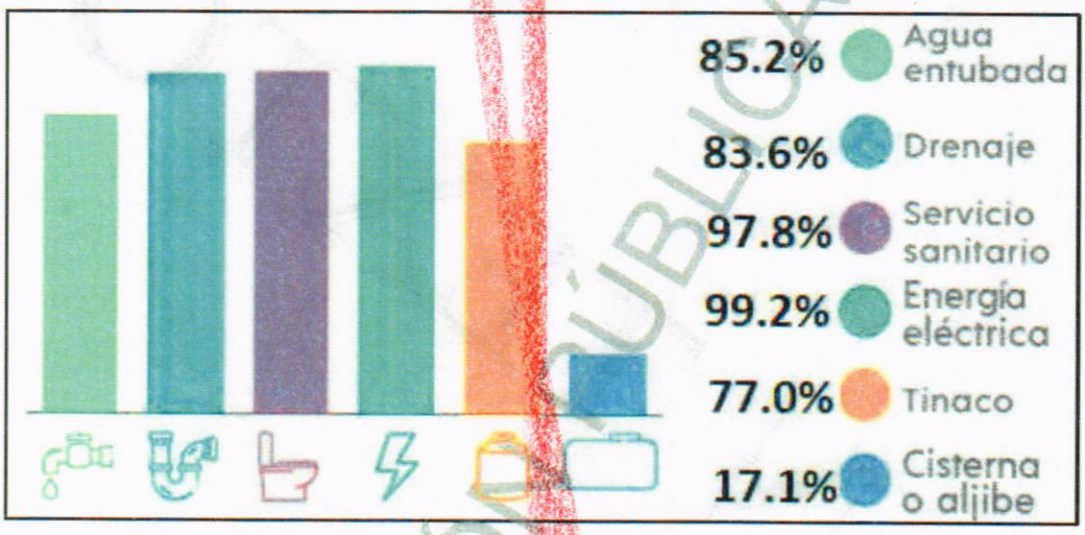
De acuerdo con datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI, para el 2020 el estado de Querétaro contaba con 668,487 viviendas particulares habitadas, se tenían viviendas con 2 y 3 dormitorios, correspondiendo al 40.1% y al 25.5%, respectivamente. Cerca del 98.3% está construida con tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto.

Refiriéndose a elementos de conectividad, del total de las viviendas del Estado, el 64.4% cuenta con acceso a internet, el 48% disponen de una computadora, laptop o Tablet y, finalmente, el 90.9% disponen de un teléfono celular.

SIN TEXTO

Hasta el 2020 se tenía una cobertura de agua entubada del 85.2%, además 97.1% de las viviendas contaban con servicio de drenaje conectado a la red pública, mientras que el 99.2% de las viviendas contaba con energía eléctrica, como muestra la figura siguiente.

Gráfica 3. Servicios urbanos



Fuente: INEGI, 2020.

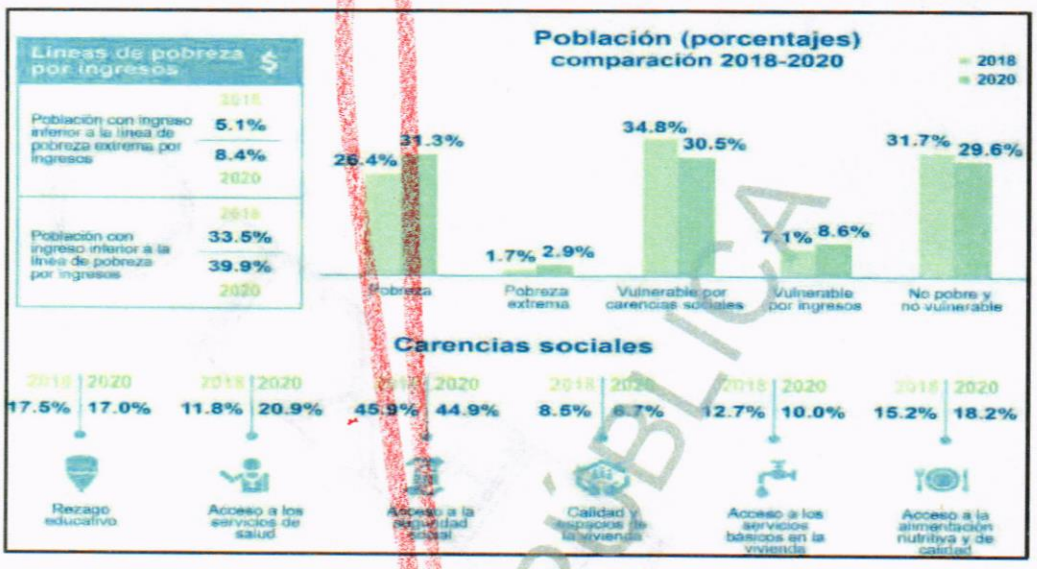
Para el estado de Querétaro de acuerdo con la información del INEGI, el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más de edad es de 10.5, lo que equivale a poco más de primer año de bachillerato.

De acuerdo con información del CONEVAL el 2.9% de la población total de Querétaro vive en pobreza extrema, el 31.3% en pobreza y el 29.6% es no pobre y no vulnerable. Algunas carencias sociales se muestran en la imagen siguiente.

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN
DE AG

Ilustración 10. Carencias sociales



Fuente: CONEVAL, 2020.

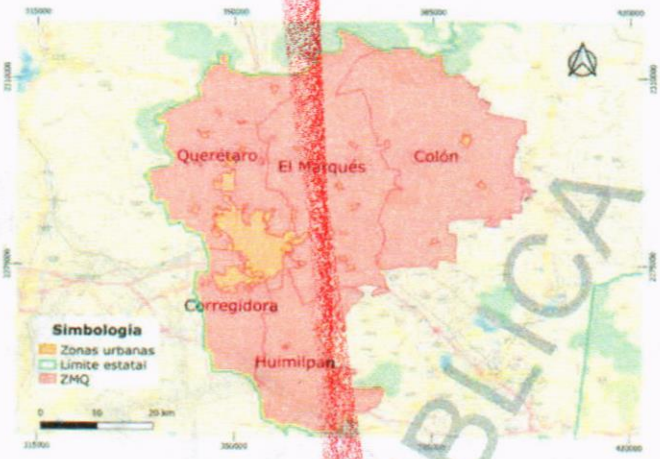
Algunas de las carencias sociales que tiene el estado de Querétaro son las mostradas en la ilustración anterior. Es relevante mencionar que el 44.9% tiene acceso a la seguridad social, mientras que el 18.2% tiene acceso a la alimentación nutritiva y de calidad.

Municipios de la zona de estudio

El estado de Querétaro se compone de 18 municipios, de los cuales para el presente análisis la zona de estudio abarca 5 municipios: Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón.

SIN TEXTO

Ilustración 11. Municipios de la zona de estudio



Fuente: Estudio informe final proporcionado por la CEA.

Municipio de Querétaro

El municipio de Querétaro es uno de los 18 municipios que conforman al estado de Querétaro, localizado entre los paralelos 20° 30' y 20° 56' de latitud norte; los meridianos 100° 17' y 100° 36' de longitud oeste. Colinda al norte con el estado de Guanajuato y el municipio de El Marqués; al este con el municipio de El Marqués; al sur con los municipios de Huimilpan, Corregidora y el estado de Guanajuato; al oeste con el estado de Guanajuato. Ocupa el 5.84% de la superficie del estado. Cuenta con 334 localidades.

Clima

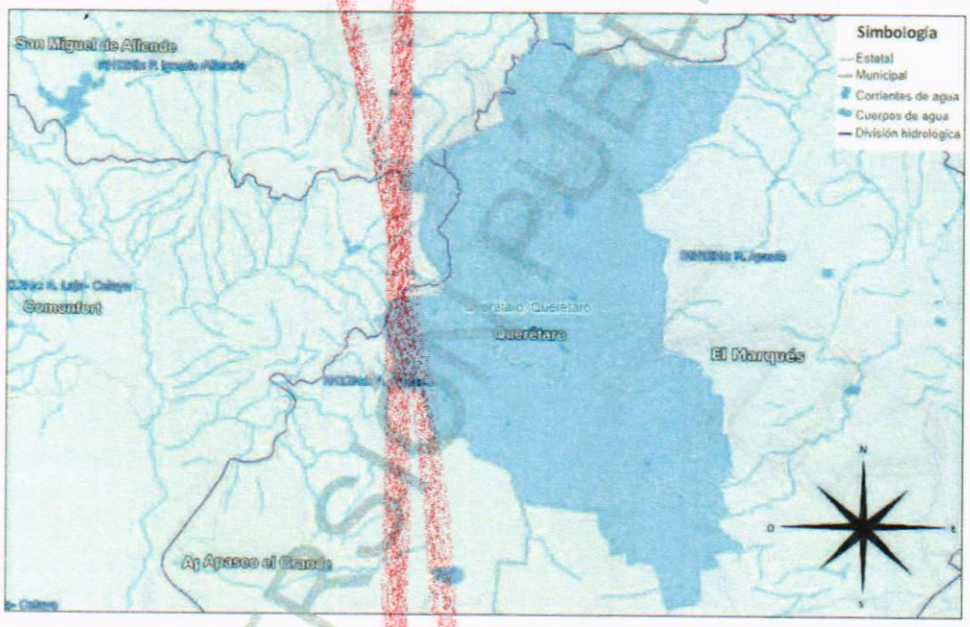
El municipio de Querétaro cuenta con un clima semiseco templado (67.05%), semiseco semicálido (31.51%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (1.44%).

SIN TEXTO

Hidrografía

El municipio de Querétaro se ubica en la región hidrológica Lerma Santiago (100%), en la Cuenca R. Laja y en la Subcuenca R. Apaseo, R. Laja-Celaya, P. Ignacio Allende y R. Laja-Peñuelitas, su corriente de agua Perenne es Querétaro. Cuenta con dos cuerpos de agua Santa Catarina y San Antonio.

Ilustración 12. Municipio de Querétaro



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Corregidora

El municipio de Corregidora es uno de los 18 municipios que conforman al estado de Querétaro, localizado entre los paralelos 20° 21' y 20° 36' de latitud norte; los meridianos 100° 22' y 100° 31' de longitud oeste. Colinda al norte con el estado de Guanajuato y el municipio de Querétaro; al este con los municipios de Querétaro y

SIN TEXTO

Huimilpan; al sur con el municipio de Huimilpan y el estado de Guanajuato, al oeste con el estado de Guanajuato. Ocupa el 2.01% de la superficie del estado. Cuenta con 188 localidades.

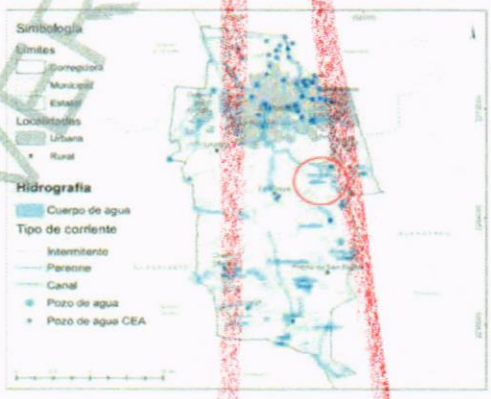
Clima

El municipio de Corregidora cuenta con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (51.05%), semiseco semicálido (40.71%), semiseco templado (7.58%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (0.66%).

Hidrografía

El municipio de Corregidora se ubica en la región hidrológica Lerma Santiago (100%), en la Cuenca R. Laja y en la Subcuenca R. Apaseo, sus corrientes de agua Perennes son el Río Bravo y El Pueblito; y las Intermitentes son La Bruja y El Puente. Cuenta con dos cuerpos de agua la presa El Batán y la presa de Bravo.

Ilustración 13. Municipio de Corregidora



Fuente: CEA de Querétaro.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

El Marqués

El municipio El Marqués es uno de los 18 municipios que conforman al estado de Querétaro, localizado entre los paralelos 20° 30' y 20° 59' de latitud norte; los meridianos 100° 09' y 100° 25' de longitud oeste. Colinda al norte con el municipio de Querétaro, el estado de Guanajuato y el municipio de Colón; al este con el municipio de Colón; al sur con los municipios de Colón, Pedro Escobedo, Huimilpan y Querétaro; al oeste con el municipio de Querétaro. Ocupa el 6.39 % de la superficie del estado. Cuenta con 399 localidades.

Clima

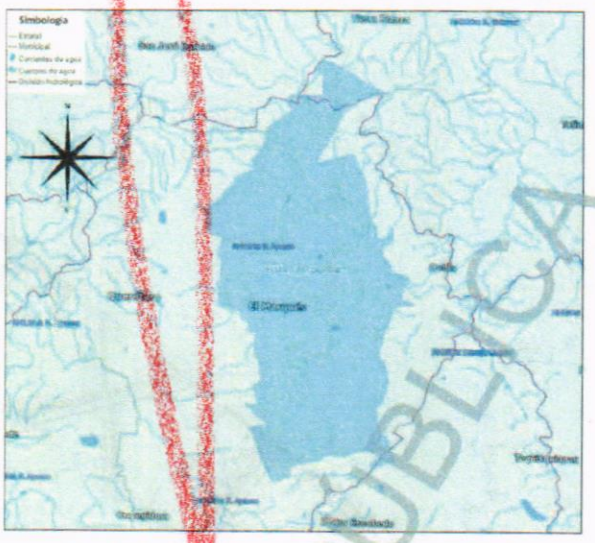
El municipio de El Marqués cuenta con un clima semiseco templado (88.42%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (11.29%), templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (0.23%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (0.06%).

Hidrografía

El municipio El Marqués se ubica en la región hidrológica Lerma-Santiago (96.53%) y Pánuco (3.47%); en la Cuenca Moctezuma y R. Laja; en la Subcuenca R. Apaseo, R. Extóraz, Drenaje Caracol y R. Laja-Peñuelitas, sus corrientes de agua Perennes son Querétaro; cuenta con los cuerpos de agua Perennes Los Pirules y El Carmen.

SIN TEXTO

Ilustración 14. Municipio de El Marqués



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Huimilpan

El municipio de Huimilpan es uno de los 18 municipios que conforman al estado de Querétaro, localizado entre los paralelos 20° 17' y 20° 34' de latitud norte; los meridianos 100° 11' y 100° 25' de longitud oeste; altitud entre 1 800 y 2 820 m. Colinda al norte con los municipios Querétaro, El Marqués y Pedro Escobedo; al este con los municipios de Pedro Escobedo, San Juan del Río y Amealco de Bonfil; al sur con el municipio de Amealco de Bonfil y el estado Michoacán de Ocampo; al oeste con el estado de Michoacán de Ocampo y el municipio de Corregidora. Ocupa el 3.32% de la superficie del estado. Cuenta con 131 localidades.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

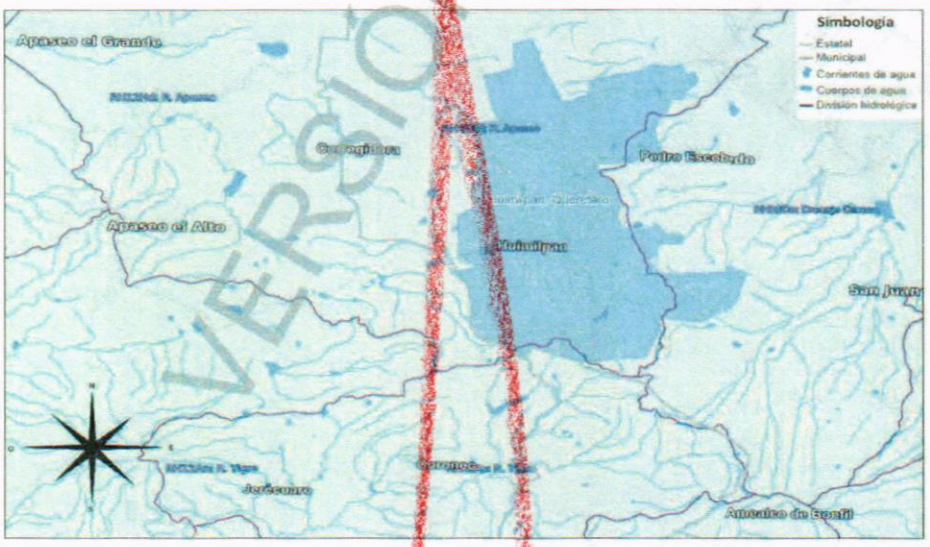
Clima

El municipio de Huimilpan cuenta con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (43.01%), semiseco templado (27.55%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (29.44%).

Hidrografía

El municipio de Huimilpan se ubica en la región hidrológica Lerma-Santiago (90.99%) y Pánuco (9.01%), en la Cuenca Moctezuma, R. Laja y R. Lerma-Toluca; en la Subcuenca R. Apaseo, Drenaje Caracol y R. Tigre, sus corrientes de agua Perennes son Huimilpan; y la Intermitentes son San Pedro, La Capula y Arroyo Peña de Malta. Cuenta con los cuerpos de agua Perennes San Pedro y El Zorrillo; Intermitentes La Ceja y San José.

Ilustración 15. Municipio de Huimilpan



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

SIN TEXTO

Colón

El municipio de Colón es uno de los 18 municipios que conforman al estado de Querétaro, localizado entre los paralelos 20° 33' y 20° 57' de latitud norte; los meridianos 99° 55' y 100° 17' de longitud oeste. Colinda al norte con el municipio de El Marqués, el estado de Guanajuato y el municipio de Tolimán; al este con los municipios de Tolimán, Ezequiel Montes y Tequisquiapan; al sur con los municipios de Tequisquiapan, Pedro Escobedo y El Marqués; al oeste con el municipio de El Marqués. Ocupa el 6.93% de la superficie del estado. Cuenta con 202 localidades.

Clima

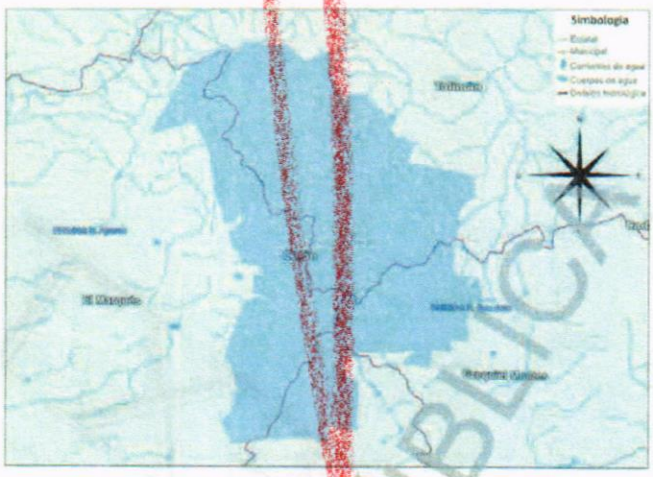
El municipio de Colón cuenta con un clima semiseco templado (88.30%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (8.91%), templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (1.73%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (0.96%) y seco semicálido (0.10%).

Hidrografía

El municipio de Colón se ubica en la región hidrológica Pánuco (69.72%) y Lerma – Santiago (30.28%), en la Cuenca Moctezuma y R. Laja y en la Subcuenca R. Extóraz, R. Apaseo y R. San Juan, su corriente de agua perenne es Colón; y la intermitente es Zamorano. Cuenta con dos cuerpos de agua presa La Soledad y presa Colón.

SIN TEXTO

Ilustración 16. Municipio de Colón



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

II.2. Problemática Identificada

En el siglo XXI, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, unos 2,000 millones de habitantes en el mundo enfrentan hoy escasez de agua[1], siendo ésta una de las principales causas de desnutrición y de enfermedades ocasionadas por la falta de agua y su mala calidad.

En nuestro país, uno de los grandes retos ambientales que se deberán enfrentar en el corto o mediano plazo, si se quieren mantener las fuentes de abastecimiento de agua para su uso especialmente para consumo humano, es el de evitar la contaminación en cuencas y acuíferos y su manejo serio, responsable y racional. Estos pueden ser afectados por compuestos naturales propios del subsuelo, derrames accidentales, lixiviados de basureros mal planeados o la inyección intencional de contaminantes altamente tóxicos y muy persistentes como los que pueden contener los efluentes de

[1] ONU. Informe Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2022

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COM..SIÓ
DE A

las plantas de tratamiento municipales y otros reportados en las aguas, por ejemplo: el ácido sulfhídrico, compuestos de nitrógeno, compuestos orgánicos naturales y artificiales, hormonas, residuos de pilas o baterías, etc.

La ZMQ debido a la dimensión y a la diversidad de los problemas para el suministro de agua, así como su gran crecimiento poblacional, es considerada como un área crítica, en la que tanto la cantidad como la calidad son aspectos prioritarios (Kaperson et al., 1995; Aguirre et al., 1995, Escurra y Mazari-Hiriart, 1996).

Con base en los estudios de crecimiento poblacional y económico del estado de Querétaro, se ha determinado la continua expansión y crecimiento de necesidades, por ello, se han desarrollado planes y estrategias para prever la demanda de agua en el futuro a mediano y largo plazo en la entidad.

Sin embargo, la elevada demanda de agua tanto para consumo humano como para las zonas de riego, los rezagos en su tratamiento y la necesidad de fortalecer las políticas públicas para su manejo, son algunos de los puntos determinantes para tomar medidas inmediatas.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), en el 2020 la entidad reportó una tasa de crecimiento media anual de la población de 2.7%, la segunda más elevada entre los años censales del 2010 y el 2020.

Actualmente en el estado de Querétaro se abastece a la población por medio de distintas fuentes, siendo la extracción de agua subterránea la principal fuente de abastecimiento. Es importante mencionar que el problema de esta extracción es el aumento de la sobreexplotación de los mantos y por ende el abatimiento de los niveles acuíferos.

SIN TEXTO

Con las condiciones actuales del sistema y de los usos de las aguas en el estado de Querétaro, sólo se podrían abastecer las demandas de agua aproximadamente hasta el año 2035 (CEA, 2014), considerando que para ello se tendría que seguir sobreexplotando los mantos acuíferos y utilizando la infraestructura hidráulica deteriorada.

Para el 2014, la demanda de agua en el estado de Querétaro era de aproximadamente de 1,007 hectolitros de agua al año. En agricultura se utilizó el 63%, en abastecimiento público el 30%, entre los que se encuentran los usuarios domésticos, en industria autoabastecida 6% y termoeléctricas el 1%[2].

Sin embargo, recientemente se han observado crecimientos importantes de la población urbana y del Producto Interno Bruto (PIB). usando las proyecciones del Consejo Nacional de Población para el año 2050, la CEA estima que la población del estado de Querétaro llegará a los 3.48 millones de habitantes, aumentando la demanda de agua.

En lo que se refiere a la calidad del agua de los acuíferos, de acuerdo con los contaminantes presentes, en varios casos no cumplen con los límites permisibles de acuerdo con las normas vigentes, lo cual obedece, como ya se mencionó, a la sobreexplotación y a la contaminación a que se encuentran sometidos. En el siguiente cuadro se representan con tres colores (verde, rojo y amarillo), los niveles de contaminación referidos, donde el rojo indica el no cumplimiento de los parámetros, el amarillo el no cumplimiento con alguno de ellos y el verde que cumple con los límites permisibles de acuerdo con las normas vigentes de calidad del agua. La medición de los

[2] Fuente: CONAGUA. Situación del agua en México 2015.

SIN TEXTO

parámetros mencionados se realizó por medio de pozos muestra. El detalle de estos análisis se muestra en el anexo Calidad del Agua Subterránea.

La ZMQ está conformada por los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón, los cuales se abastecen de agua subterránea producida por 74 pozos profundos que extraen agua de los mantos acuíferos, ya mencionados, localizados en el subsuelo del estado de Querétaro, y un manantial actualmente en operación concesionados a la CEA.

Con la finalidad de determinar la calidad del agua extraída en los pozos y en el manantial, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 4. Resultados de la calidad del agua en los pozos existentes

Parámetro	Coliformes Totales UFC/100 mL	Coliformes Fecales UFC/100 mL	Color Unidad Co/Pt	Sólidos Disueltos Totales mg/L	Turbiedad UNT	Cloruros mg/L	Dureza Total mg/L	Fluoruros mg/L	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L
Máximo Permisible (NOM-127-SSA1-2021)	0	0	20	1000	5	250	500	1.5	11	0.9
Mínimo (pruebas)	0	0	0	177	0	< 10.00	< 25.0	0.23	< 1.037	< 0.01
Máximo (pruebas)	91	87	10	559	6.1	57.47	374.5	3.52	14.6	< 0.01
Promedio (pruebas)	3	2	4.4	324	0.24	22.05	155.3	0.724	5.223	< 0.01

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CEA.

En cuanto a los análisis físico-químicos, se realizaron las pruebas correspondientes cuyos resultados se presentan en el arreglo siguiente:

SIN TEXTO

Cuadro 5. Resultados físico-químicos de la calidad del agua en los pozos existentes

Parámetros	Nitrógeno Amoniacal mg/L	pH Unidades	Sulfatos mg/L	Aluminio mg/L	Arsénico mg/L	Bario mg/L	Cadmio mg/L	Cobre mg/L	Cromo Total mg/L
Máximo Permisible (NOM-127-SSA1-2021)	0.5	6,5-8,5	400	0.2	0.025	1.3	0.005	2	0.05
Mínimo (pruebas)	< 0.122	7.34	10.56	< 0.10	< 0.005	< 0.10	< 0.0025	< 0.0125	< 0.005
Máximo (pruebas)	0.58	8.35	212.2	< 0.10	0.028	0.11	< 0.0025	< 0.0125	< 0.005
Promedio (pruebas)	0.218	7.86	57.63	< 0.10	0.007	< 0.10	< 0.0025	0.0125	< 0.005

Fuente: Elaboración con propia, con datos de CEA.

Por último, de igual manera se llevaron a cabo los análisis de metales pesados en la batería de pozos en estudio, obteniéndose los resultados que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 6. Resultados de metales pesados de la calidad del agua en los pozos existentes

Parámetros	Fierro mg/L	Manganeso mg/L	Mercurio mg/L	Plomo mg/L	Sodio mg/L	Zinc mg/L	Cond. Eléctrica µmhos/cm	Temperatura °C
Máximo Permisible (NOM-127-SSA1-2021)	0.3	0.15	0	0.01	200	5	-	-
Mínimo (pruebas)	< 0.05	< 0.0075	< 0.001	< 0.0025	34.47	< 0.010	335.3	24
Máximo (pruebas)	1.12	0.015	0.002	< 0.0025	122.3	0.022	1060	37
Promedio (pruebas)	0.074	0.0076	< 0.001	< 0.0025	56.84	0.01	609.3	30.8

Fuente: Elaboración con propia, con datos de CEA.

SIN TEXTO

Fugas en el sistema

Las redes de distribución de agua potable que operan en condiciones normales presentan una reducción de presiones durante los periodos de alta demanda, debido a que se tiene un vaciado acelerado de agua en el interior de las tuberías, derivado del consumo constante de los usuarios. En contraste, durante los periodos de baja demanda, las presiones de la red tienden a subir considerablemente, ya que el agua permanece acumulada en las tuberías ante la disminución de flujos desde las tomas domiciliarias. Ante estas condiciones, las redes están sujetas a condiciones adversas de operación, que propician las pérdidas de agua por fugas, la ruptura de tuberías, el deterioro de la calidad del agua, así como flujos de agua ineficientes en las redes.

En el cuadro siguiente se muestra el número de fugas reportadas mensualmente durante el periodo 2022-2023, ubicadas tanto en la red como en las tomas; cabe señalar que, la CEA Querétaro cuenta con los equipos y con el personal técnico necesarios para su atención:

Cuadro 7. Fugas 2022-2023

Fugas atendidas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Red General 2022	175	147	222	149	179	209	248	251	212	188	197	164	2,341
Toma Domiciliaria 2022	1,011	918	2,049	1,695	2,031	1,834	1,855	1,831	1,200	1,122	1,055	1,278	17,879
Total 2022	**1,186**	**1,065**	**2,271**	**1,844**	**2,210**	**2,043**	**2,103**	**2,082**	**1,412**	**1,310**	**1,252**	**1,442**	**20,220**
Red General 2023	258	218	141	178	235	261	241	331	338	369	362	256	3,188
Toma Domiciliaria 2023	1,886	1,603	1,606	1,635	1,849	1,871	1,948	2,024	1,900	1,821	1,797	1,341	21,281
Total 2023	**2,144**	**1,821**	**1,747**	**1,813**	**2,084**	**2,132**	**2,189**	**2,355**	**2,238**	**2,190**	**2,159**	**1,597**	**24,469**

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CEA.

Adicionalmente, se cuenta con 4 brigadas de detección de fugas no visibles. Dichas brigadas atienden 4 tipos de reportes diferentes:

SIN TEXTO

✓ Barridos masivos en sectores donde se están realizando mediciones y trabajos para el aumento de la eficiencia física.

✓ Barridos masivos en sectores o colonias donde no están realizando mediciones.

✓ Atención de reportes generados en el sistema.

✓ Atención a solicitudes de apoyo por parte de las Administraciones foráneas.

Las posibles fugas son subidas al sistema, generándose órdenes de reparación que son atendidas por los Distritos o Zonas correspondientes, este dato es relevante porque describe la situación actual de la red de distribución que abastecerá la oferta de agua generada con el Proyecto Sistema Batán.

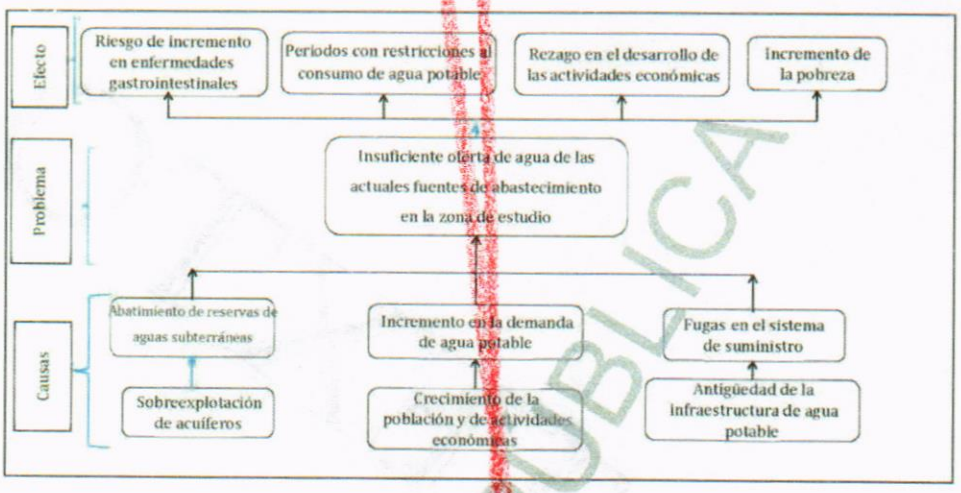
El universo de fugas presentado denota el estado actual de la red de distribución, el cual resulta determinante para cuantificar la oferta de agua en fuente y en toma, es decir, el volumen de agua recibido por el usuario final.

Árbol de Problemas

Con lo descrito anteriormente se elaboró de forma esquemática y condensada, el árbol de problemas que se presenta en la siguiente gráfica, en lo que respecta a la problemática de escasez de agua en la ZMQ.

SIN TEXTO

Ilustración 17. Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia con datos de la CEA.

Está problemática exige a la CEA la apremiante tarea de incorporar nuevas fuentes de abastecimiento de agua para la ZMQ que permitan satisfacer la demanda de la población en los próximos años, contrarrestando la variabilidad en la disponibilidad de agua en las fuentes actuales. En caso de no tomar acciones pertinentes, se generarían paulatinamente restricciones en el suministro de agua potable para los usuarios de la ZMQ, de manera que se espera que sus niveles de consumo sean cada vez menores, con respecto a lo que estarían dispuestos a consumir ante las tarifas vigentes produciendo los efectos que se observan en el árbol de problemas como posible incremento de enfermedades gastrointestinales y rezago en el desarrollo económico y social de la ZMQ.

En ese sentido, es claro que el agua es imprescindible para el ser humano y un elemento fundamental para la vida, su importancia se extiende a todos los aspectos de la existencia y el desarrollo sostenible, siendo un pilar del desarrollo económico, ya que

SIN TEXTO

es un recurso clave en la agricultura, la industria, la generación de electricidad, entre otros, por lo cual, el suministro de agua tiene un importante impacto social en las comunidades.

Por ello, la CEA, como "El organismo coordinador y coadyuvante con autoridades federales, estatales o municipales en todas las actividades que de una manera u otra participen en la planeación, estudios, proyectos, construcción y operación de sistemas o instalaciones de agua potable, drenaje y alcantarillado, para beneficio de los habitantes del Estado" , advierte que el Proyecto Sistema Batán puede generar un beneficio social positivo en las localidades de la zona de influencia, a saber, Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón.

Por ende, se advierten como principales beneficios con motivo del suministro de agua potable en los municipios de la ZMQ:

- Mayor suministro de agua potable y tratada, lo que tendrá un efecto positivo para los habitantes de dichos municipios, sin que existan cortes o deficiencia en el suministro de agua potable a corto plazo.
- El Proyecto Sistema Batán permitirá que no se restrinja el suministro de agua al sector industrial de la ZMQ derivado del crecimiento de la población a largo plazo.
- Continuidad en el suministro de agua para zonas industriales y atracción de nuevas inversiones, pues el acceso de agua es un incentivo para el desarrollo económico de la región, debiéndose priorizar un uso más racional del agua por parte de los distintos agentes económicos.
- Proceso innovador, debido a que el agua sería renovada y es adecuada para su potabilización a través de la incorporación de nueva tecnología. Asimismo, la planta potabilizadora ha sido diseñada con procesos de alta tecnología que garantizarán la

SIN TEXTO

calidad del agua por encima de las normas vigentes para el agua potable, garantizando los estándares de seguridad y calidad necesarios para proteger la salud pública.

II.3. Oferta de agua potable en Situación Actual

Las condiciones de oferta del sistema se refieren a la capacidad de la infraestructura con que cuenta el organismo operador para la captación, conducción, potabilización, regulación, almacenamiento y distribución del agua potable con que se abastece a la población conectada al sistema en la ZMQ.

Asimismo, dentro de la oferta se considera la capacidad instalada para la captación de las aguas servidas, el tratamiento de las aguas residuales, la infraestructura para el reúso del agua residual, así como para su disposición final en los cuerpos receptores, ya que el abastecimiento de agua tiene implícita necesariamente la evacuación de las aguas residuales que se generan del consumo de agua potable, así como su apropiada descarga en bienes propiedad de la nación, cumpliendo con las normas de calidad vigentes, actualmente establecidas en la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Infraestructura Hidráulica Existente

Por lo que respecta a la infraestructura para la distribución de agua potable en la ZMQ, se cuenta con la siguiente:

Cuadro 8. Infraestructura existente-Acuaférico

Infraestructura	Longitud	Antigüedad		Tipo de material			
		0 a 10 años	11 a 20 años	Acero	HFD	PEAD	PRFV
	Km	Km	Km	Km	km	km	Km
Acuaférico	**110.61**	8.81	101.8	71.42	22.47	2.83	13.89

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CEA Querétaro.

SIN TEXTO

Cuadro 9. Infraestructura existente-Red de distribución

Infraestructura	Longitud	Antigüedad				Tipo de material						
		0 a 10 años	11 a 20 años	21 a 30 años	más 30 años	Acero	Asbesto cemento	Concreto simple	FOFO	FOGA	PEAD	PVC
	km	km	Km	km	Km	Km	Km	km	km	km	km	Km
Red de distribución	3,260.49	574.9	799.99	683.2	1,202.4	18.15	789.09	0.73	0.51	4.12	441.04	2,006.85

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CEA Querétaro

Cuadro 10. Infraestructura existente-Tanques

Infraestructura	Fase			Clasificación				Capacidad	
	Operando	FOP	Total	Elevados	Enterrados	Superficiales	Semienterrados	Total M3	Operación M3
Tanques	125	43	168	46	2	109	11	131,430.43	123,174.70

Fuente: CEA del estado de Querétaro

Además, dentro de la infraestructura existente se cuenta con un total de 14,742 cruceros.

Cuadro 11. Infraestructura existente-Pozos de Visita

Infraestructura	Total	Operación	Sin operar	Emergentes
Pozos de visita	95	44	51	0

Fuente: CEA del estado de Querétaro.

En cuanto a la red de drenaje sanitario y saneamiento, se cuenta con la siguiente infraestructura:

SIN TEXTO

Cuadro 12. Red Sanitaria

Diámetro (cm)	Longitud (metros)				Total	Longitud (km)
	Querétaro	Corregidora	El Marqués	Huimilpan		
20	993,271.71	159,863.67	12,413.87	6,386.44	1,171,935.68	1,171.94
25	110,686.99	25,210.47	1,716.59		137,614.05	137.61
30	773,805.21	159,349.26	45,265.78	3,913.08	982,333.32	982.33
38	65,626.69	15,732.64	990.96		82,350.28	82.35
45	109,378.65	10,800.81	278.50	60.25	120,518.21	120.52
61	66,297.46	9,909.51			76,206.97	76.21
76	40,239.87	10,860.36			51,100.23	51.10
91	24,484.88	4,673.80			29,158.68	29.16
107	1,064.81	641.29			1,706.10	1.71
122	10,080.09	997.76			11,077.85	11.08
152	9,432.49	887.25			10,319.74	10.32
OTROS	18,602.22	244.20	356.55		19,202.96	19.20
Total (metros)	2,222,971.07	399,171.01	61,022.24	10,359.76	2,693,524.09	2,693.52
Total (km)	2,222.97	399.17	61.02	10.36	2,693.52	

Fuente: CEA sin considerar el municipio de Colón por no ser administrada por la CEA

Planta de Tratamiento de Agua Residual San Pedro Mártir

Superficie en metros cuadrados: 100,005.5 m^2

La planta de tratamiento se diseñó para tratar un caudal medio de 750 L/s, en 2 módulos de 375 L/s cada uno, cumpliendo con la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-1997. El proceso de tratamiento seleccionado es biológico secundario; a base de lodos activados en su modalidad de mezcla completa que incluye remoción de fósforo.

El sistema de tratamiento está conformado por las siguientes unidades:

- Obra de toma y caja de control

SIN TEXTO

GOBIERNO DE ESTA
COMISIÓN
DE AG

- Pretratamiento (cribado grueso de limpieza mecánica (2 módulos), cribado fino de limpieza automática (2 módulos y desarenador-desengrasador tipo Vortex.
- Tratamiento primario con clarificadores primarios (dos módulos) de tipo circular a gravedad con rastras de tracción periférica.
- Tratamiento secundario, integrado por 2 reactores anaerobios para remoción biológica de fósforo, seguido del reactor aeróbico (2 módulos) de lodos activados convencionales bajo la modalidad de lodos completamente mezclados
- Clarificador secundario (2 módulos), con sistema de rastras periféricas
- Sistema de desinfección con rayos UV (2 canales)
- Cárcamo de bombeo de agua tratada.

Del agua tratada, 100 L/s son enviados para los agricultores del Ejido de Santa María Magdalena, 25 L/s van para el bordo Benito Juárez para su recarga y el resto va al Río Querétaro al cuerpo del dren El Arenal.[3]

La PTAR SPM, actualmente se encuentra en operación mediante un Contrato de Prestación de Servicios por un periodo de 20 años (2 para la construcción y 18 años de operación), hoy en día se han realizado cambios de equipamiento y periféricos, como parte de los alcances del Contrato, en el cual el prestador de servicios se obliga a conservar y mantener la planta en óptimas condiciones de funcionamiento, incluida, sin limitación, la obligación de reponer y/o reparar todos los desperfectos y daños que se produzcan en las instalaciones dentro de los plazos que se establezcan.

[3] Nota: en temporada de lluvia se detiene el bombeo.

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓN
DE A

Ilustración 18. PTAR San Pedro Mártir

Fuente: CEA del estado de Querétaro.

Planta de Tratamiento de Agua Residual Sur

Superficie en metros cuadrados: 66,719.12 m^2

Inició operaciones en el año 1995 con un sistema biológico, a base de filtros percoladores (diseño 500 L/s), cumpliendo con la NOM-001-SEMARNAT-1997, calidad (150/150).

En el año 2007, el proceso original se reconvirtió, incorporando al sistema biológico un proceso anaerobio-aerobio, un reactor anaerobio de lecho expandido (EGSB) y filtros percoladores, para un caudal de diseño de 260 L/s cumpliendo con la NOM-001-SEMARNAT-1997.

En el año 2016, en la PTAR se llevó a cabo la reingeniería cambiando el proceso biológico inicial a un proceso biológico de lodos activados, con una capacidad de diseño

SIN TEXTO

de 600 L/s, con la rehabilitación y ampliación de la infraestructura existente, así como el reequipamiento.

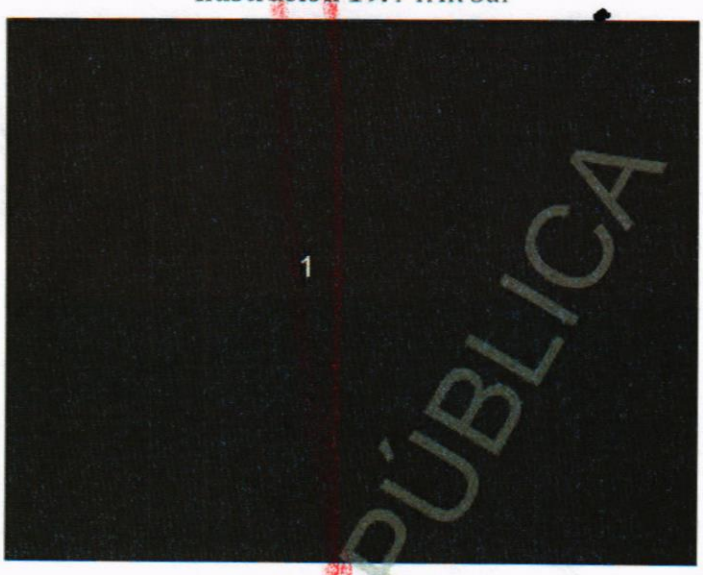
Se encuentra fuera de operación desde 2022. El estado de conservación de la infraestructura de la reingeniería: obra civil (proyecto de reingeniería), en algunos casos es inconclusa, con un grado de deterioro medio, tanques de acero estructuralmente no aptos para trabajar bajo presión, equipamiento instalado vandalizado, con polvo y piezas en proceso de oxidación, equipamiento nuevo almacenado con polvo y en algunos casos con cierto grado de oxidación, piezas sueltas, entre otros.

Obra civil de proyecto de reconversión del proceso original, cárcamo de bombeo y pretratamiento fuera de operación, capacidad insuficiente, estructuralmente deteriorado, unidades de proceso biológico, con un tanque en perfectas condiciones estructurales y el resto se tiene que hacer un diagnóstico de evaluación estructural.

Actualmente cuenta con 4 tanques con capacidades de 4,200 m3 y uno de 7,200 m3 suficientes para el proceso y tratamiento hasta de 600 L/s.

SIN TEXTO

Ilustración 19. PTAR Sur



Fuente: CEA del Estado de Querétaro.

Pozos de Agua Potable

La principal fuente de abastecimiento de agua potable para la población de la ZMQ es la batería de pozos que bombean agua de los acuíferos subterráneos y un manantial, cuyas profundidades van desde los 136m hasta los 402m equipados con un equipo de bombeo y medidor de gasto y presión ultrasónico o electromagnético. Considerando todas las fuentes, suministran una oferta de 98 millones de m³. (Véase detalle en memoria de cálculo hoja (oferta de pozos).

Rebombeos

Como parte de la oferta de la infraestructura para el abastecimiento de agua potable en la zona de influencia, se consideran los rebombeos. A continuación, se presenta la

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN
DE A

relación de rebombeos señalando el gasto que manejan, así como la presión de operación.

Cuadro 13. Rebombeos de la Zona Metropolitana

No.	REBOMBEO	GASTO L//s	PRESIÓN DE OPERACIÓN Kg/cm2	FECHA DE AFORO
1	[redacted] 1	35.60	13.5	25/10/2018
2	[redacted] 2	17.10	15	28/10/2021
3	[redacted] 3	19.7	13.2	28/10/2021
4	[redacted] 4	35.5	3.5	28/10/2021
5	[redacted] 5	9.60	8 / 6.7	28/10/2021
6	[redacted] 6	41	3.6	07/10/2018
7	[redacted] 7	11.1	5.1 / 4.8	26/10/2021
8	[redacted] 8	53.40	7.5 / 5.0	28/10/2021
9	[redacted] 9	65	9.7	28/10/2021
10	[redacted] 10	33	7.2	21/10/2021
11	[redacted] 11	50	7.5	21/10/2021
12	[redacted] 12	7/9	9	21/10/2021
13	[redacted] 13	4.60	11	21/10/2021
14	[redacted] 14	61.00	19.0	21/10/2021
15	[redacted] 15	58.00	19.0	12/10/2021
16	[redacted] 16	24.00	19.0	12/10/2021
17	[redacted] 17	28.00	19.0	12/10/2021
18	[redacted] 18	28.00	8.3	26/08/2021
19	[redacted] 19	24.00	7,2	13/11/2019

SIN TEXTO

No.	REBOMBEO	GASTO L//s	PRESIÓN DE OPERACIÓN Kg/cm2	FECHA DE AFORO
20	[redacted] 1	4 / 3.5	7.8 / 3.9	25/10/2021
21	[redacted] 2	7 / 3.7	16	21/11/2021
22	[redacted] 3	72,00	9,6	01/11/2021
23	[redacted] 4	64,00	9,6	01/11/2021
24	[redacted] 5	55,00	9.6	01/11/2021
25	[redacted] 6	58,00	9.6	01/11/2021
26	[redacted] 7	46,00	4.4	21/10/2021
27	[redacted] 8	32,00	4.4	21/10/2021
28	[redacted] 9	44,00	6.8	25/10/2021
29	[redacted] 10	47 / 25	3.8	25/10/2021
30	[redacted] 11	35 / 44	7.6	EMERGENTE

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por la CEA.

Sectorización

Con respecto a la sectorización, entre los años 2004 y 2005 se realizó el diseño de 110 sectores, de los cuales se encuentran actualmente operando 58.

Todos estos sectores cuentan con un punto de alimentación donde se ubica un medidor electromagnético o ultrasónico bridado.

SIN TEXTO

En algunos casos, en los puntos de alimentación también existen válvulas de control de presión donde se reduce la presión de suministro principalmente durante la noche. En otros sectores existen válvulas de control intermedias que regulan la presión, pero solamente en una zona específica.

Se anexa cuadro con información referente a la presión de alimentación, puntos de control y puntos de toma de presión.

Cuadro 14. Sectorización

SECTOR	REGULACIÓN ENTRADA	REGULACIÓN INTERMEDIA	PUNTOS DE PRESIÓN	PRESIÓN PROMEDIO SUMINISTRO
SECTOR 001	1	0	3	4.3
SECTOR 002	1	2	2	4.4
SECTOR 003	1	0	3	3.5
SECTOR 004	1	0	3	2.3
SECTOR 005	1	0	4	1.9
SECTOR 006	1	0	3	5.3
SECTORES 007 Y S009	0	1	6	2.8
SECTOR 008	0	1	2	1.3
SECTOR 010	1	2	3	1.8
SECTOR 011	0	0	3	2.8
SECTOR 012	1	0	3	2.5
SECTOR 013	1	0	2	4.7
SECTOR 023	1	0	2	1.8
SECTOR 024	1	2	4	2
SECTOR 025	1	0	4	0.9
SECTOR 027	1	0	2	2.3
SECTOR 028	1	0	2	0.8
SECTOR 029	1	0	4	3.7
SECTOR 030	1	0	3	1.3
SECTOR 031	0	1	4	1.2
SECTOR 033	1	1	3	2.3

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

SECTOR	REGULACIÓN ENTRADA	REGULACIÓN INTERMEDIA	PUNTOS DE PRESIÓN	PRESIÓN PROMEDIO SUMINISTRO
SECTOR 034	1	1	4	1.1
SECTOR 035	1	2	2	2.1
SECTOR 036	0	1	2	0.3
SECTOR 037	0	4	8	1.5
SECTOR 038	0	1	3	0.6
SECTOR 039	1	1	2	3
SECTOR 042	0	1	3	1.9
SECTOR 043	1	1	4	2.6
SECTOR 044	0	2	2	3.2
SECTOR 048	1	5	0	2
SECTOR 050	1	0	3	2.6
SECTOR 051	1	2	4	0.9
SECTOR 052	0	5	1	1.3
SECTOR 053	1	1	3	2.1
SECTOR 054	1	1	2	1.7
SECTOR 055	1	0	4	1.8
SECTOR 056	0	4	4	1.7
SECTOR 057	0	1	3	1
SECTOR 058	0	0	3	1.5
SECTOR 059	0	0	3	0.77
SECTOR 060	0	0	3	2.4
SECTOR 065	0	2	3	1.57
SECTOR 069	1	0	3	3.1
SECTOR 071	1	0	3	3.22
SECTOR 079	0	0	3	1.26
SECTOR 082	1	1	3	0.7
SECTOR 087	0	3	4	0.2
SECTOR 091	1	0	2	1.8
SECTOR 092	1	3	3	0.4
SECTOR 093	0	4	4	1.4
SECTOR 094	1	0	3	4.6
SECTOR 100	1	0	4	0.3
SECTOR 101	0	1	2	0.33

SIN TEXTO

SECTOR	REGULACIÓN ENTRADA	REGULACIÓN INTERMEDIA	PUNTOS DE PRESIÓN	PRESIÓN PROMEDIO SUMINISTRO
SECTOR 102	1	2	2	3.9
SECTOR 105	0	2	3	1.3
SECTOR 106	2	5	2	1.2
SECTOR 107	1	1	3	2.5

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CEA.

Una vez descritas las fuentes de abastecimiento de agua potable del área de influencia, así como las condiciones de operación de la infraestructura hidráulica existente, podemos concluir que el gasto producido por los pozos profundos que se encuentran en operación al año 2024 en el municipio de Querétaro, concesionados a la CEA, asciende a 2,150 L/s equivalentes a 67.797 Hm^3 al año; las aportaciones del Acueducto II cifran en 1,238 L/s que representan 39.054 Hm^3 al año.

Se estima que la oferta actual total de agua es de 4,348 L/s. equivalentes a 137.127 Hm^3 al año que incluyen, además de lo descrito en el párrafo anterior, las fuentes localizadas en las poblaciones de Santa Rosa Jauregui, Colon, Corregidora, Huimilpan y El Marqués, que en su conjunto suman un gasto de 960 L/s que equivalen a 30.27 Hm^3; sin considerar el caudal de 11 pozos que se encuentran fuera de operación por incorporación de Acueducto II (1), problemas Jurídicos (8) y sin especificar (2). Se presenta a continuación un cuadro resumen de esta información:

Cuadro 15. Oferta Total de Agua Potable Situación Actual

Fuente	Gasto (l/s)	Volumen (m^3)
Acueducto II	1,238	39,053,646
Pozos Administración Querétaro	2,150	67,797,324
Sta. Rosa Jauregui	224	7,067,468

SIN TEXTO

Fuente	Gasto (l/s)	Volumen (m^3)
Colón	165	5,195,413
Corregidora	316	9,957,974
Huimilpan	68	2,140,659
El Marqués	188	5,914,786
Total	4,348	137,127,270

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CEA.

Oferta efectiva de agua

Analizando el caudal producido con el volumen de agua potable facturado y no facturado en las localidades del área de influencia, se observa una eficiencia física de 53.0% y pérdidas físicas de 47.0%. Por lo cual, se consideran 2 parámetros para la oferta; una que es la oferta en fuente de producción (4,348 L/s) y la otra es la oferta en unidades servidas.

La oferta de agua entregada en tomas domiciliarias es de 2,035 L/s, de ésta el 100% se considera con la calidad necesaria para consumo humano.

Tomando en cuenta la información anterior de oferta en fuente y de oferta en toma, se considera que permanece constante a lo largo del horizonte de análisis de 30 años, derivado que, en este escenario, no se llevarían a cabo obras adicionales.

Cuadro 16. Oferta de Agua Potable en Situación Actual en el Horizonte de Análisis

Año	Oferta en Fuente		Oferta en Toma	
	l/s	m^3 al año	l/ s	m^3 al año
2024	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Año	Oferta en Fuente		Oferta en Toma	
	l/s	m³ al año	l/ s	m³ al año
2025	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2026	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2027	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2028	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2029	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2030	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2031	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2032	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2033	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2034	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2035	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2036	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2037	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2038	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2039	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2040	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2041	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2042	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2043	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2044	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2045	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2046	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2047	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2048	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2049	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453

SIN TEXTO

Año	Oferta en Fuente		Oferta en Toma	
	l/s	m³ al año	l/ s	m³ al año
2050	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2051	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2052	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2053	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2054	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453
2055	4,348	137,127,270	2,305	72,677,453

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CEA.

II.4. Análisis de la Demanda Actual

La zona de estudio del Proyecto Sistema Batán está integrada por los habitantes con servicio de agua potable de los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón, por lo cual, para 2024 se proyectó un total de 1,652,374 habitantes mismos que se consideran para la ZMQ.

Proyección de la población.

Para determinar la demanda de agua potable durante el horizonte de análisis, es decir, 30 años (3 años de construcción y 27 años de operación) debemos determinar, en primera instancia, la proyección de la población que estaría demandando el servicio en ese mismo periodo, para lo cual se utilizan los datos registrados en el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Para calcular dicha proyección se siguieron los siguientes pasos:

1. Se tomó como base la población reportada por el INEGI en los quinquenios

SIN TEXTO

comprendidos entre los años 1990 y 2020 para cada uno de los municipios de la zona de estudio.

2. Se totaliza la población de los 5 municipios para los quinquenios comprendidos entre 1990 y 2020, se busca la función que mejor ajuste al comportamiento histórico reportado por el INEGI.

3. La función que describe el comportamiento histórico de la población de la zona de estudio es: $y = 10{,}190x^2 + 60225x + 562672$

4. Se calcula el porcentaje que representa la población de cada municipio con respecto de la población total de la zona de estudio.

5. Se aplica la función $y = 10{,}190x^2 + 60225x + 562672$ para obtener la proyección del total de la población en los años 2024 a 2055.

6. En la aplicación de la función para proyectar la población, la variable independiente esta escalada de 1:5, es decir cada número entero representa un quinquenio, en tanto que los valores decimales representan un año del Inter quinquenio.

7. Finalmente, para obtener la población por municipio se multiplica la población total proyectada por el porcentaje que representa la población de cada municipio con respecto de la población total de la zona de estudio.

Con base en el citado procedimiento, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

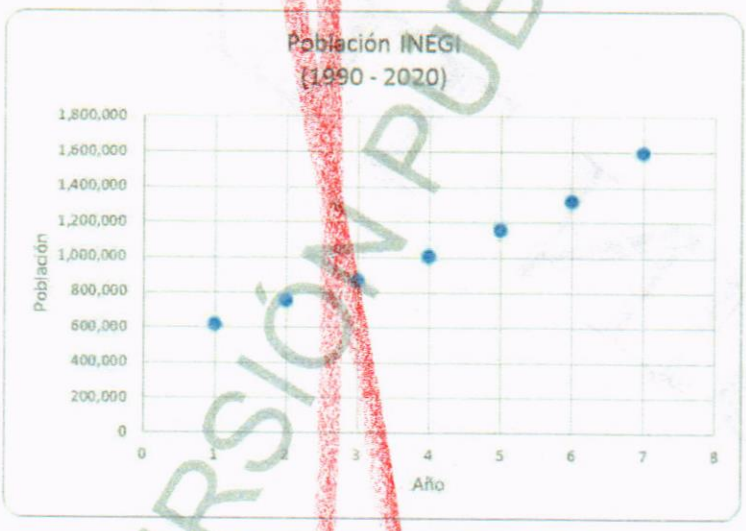
CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 17. Histórico de la Población total de los municipios de la zona de estudio

Población total de los 5 municipios de la zona de estudio							
Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
	1	2	3	4	5	6	7
Población INEGI (1990 - 2020)	616,557	750,009	863,359	1,002,453	1,155,196	1,317,852	1,597,941

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Gráfica 4. Población del área de Influencia 1990-2020



Fuente: Elaboración propia, con datos del INEGI.

Con base en los resultados se proyectó la población de 2020 a 2055, como se muestra a continuación:

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COMISIÓN
DE A

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO · QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE · CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 18. Población estimada para las localidades de la zona de estudio

Distribución de la proyección total de la población para cada uno de los 5 municipios de la zona de estudio (2024 - 2055)						
Año	Población (habitantes)					Total
	Querétaro	Corregidora	El Marqués	Huimilpan	Colón	Población
2024	1,085,537	219,808	239,560	38,062	69,407	**1,652,374**
2025	1,114,604	225,694	245,974	39,081	71,266	**1,696,619**
2026	1,144,207	231,688	252,507	40,119	73,159	**1,741,680**
2027	1,174,345	237,790	259,158	41,176	75,086	**1,787,555**
2028	1,205,018	244,001	265,927	42,251	77,047	**1,834,244**
2029	1,236,227	250,321	272,814	43,345	79,042	**1,881,749**
2030	1,267,972	256,749	279,820	44,458	81,072	**1,930,071**
2031	1,300,252	263,285	286,944	45,590	83,136	**1,979,207**
2032	1,333,067	269,930	294,185	46,741	85,234	**2,029,157**
2033	1,366,419	276,683	301,545	47,910	87,367	**2,079,924**
2034	1,400,305	283,545	309,024	49,098	89,533	**2,131,505**
2035	1,434,728	290,515	316,620	50,305	91,734	**2,183,902**
2036	1,469,685	297,593	324,335	51,531	93,969	**2,237,113**
2037	1,505,179	304,780	332,167	52,776	96,239	**2,291,141**
2038	1,541,208	312,076	340,118	54,039	98,542	**2,345,983**
2039	1,577,772	319,480	348,188	55,321	100,880	**2,401,641**
2040	1,614,872	326,992	356,375	56,622	103,252	**2,458,113**
2041	1,652,508	334,613	364,680	57,941	105,659	**2,515,401**
2042	1,690,679	342,342	373,104	59,280	108,099	**2,573,504**
2043	1,729,385	350,179	381,646	60,637	110,574	**2,632,421**
2044	1,768,627	358,125	390,306	62,013	113,083	**2,692,154**
2045	1,808,405	366,180	399,084	63,408	115,626	**2,752,703**
2046	1,848,718	374,343	407,981	64,821	118,204	**2,814,067**
2047	1,889,567	382,614	416,995	66,253	120,816	**2,876,245**
2048	1,930,951	390,994	426,128	67,704	123,462	**2,939,239**
2049	1,972,871	399,482	435,379	69,174	126,142	**3,003,048**
2050	2,015,326	408,079	444,748	70,663	128,857	**3,067,673**
2051	2,058,317	416,784	454,236	72,170	131,605	**3,133,112**
2052	2,101,844	425,598	463,841	73,696	134,388	**3,199,367**
2053	2,145,906	434,520	473,565	75,241	137,206	**3,266,438**

SIN TEXTO

Distribución de la proyección total de la población para cada uno de los 5 municipios de la zona de estudio (2024 - 2055)						
Año	Población (habitantes)					Total
	Querétaro	Corregidora	El Marqués	Huimilpan	Colón	Población
2054	2,190,503	443,550	483,407	76,805	140,057	**3,334,322**
2055	2,235,636	452,689	493,367	78,387	142,943	**3,403,022**

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

De acuerdo con los datos del cuadro anterior, a continuación, se muestra una gráfica de la proyección de la población.

Gráfica 5. Proyección de la población zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

Para el periodo 2026-2055, se analizó el considerar una tendencia exponencial, con un factor de correlación del 99.8%.

Para la población con servicio de agua potable se consideraron las siguientes coberturas por localidad, proporcionadas por la CEA.

SIN TEXTO

Cuadro 19. Coberturas de los 5 municipios

Municipio	2024
Cobertura Querétaro	98.52%
Cobertura Corregidora	98.62%
Cobertura El Marqués	96.55%
Cobertura Huimilpan	99.03%
Cobertura Colón	97.57%

Fuente: Información proporcionada por la CEA.

Considerando un escenario conservador, se contempla que las coberturas de estos 5 municipios se mantienen constantes y tomando el promedio ponderado de la cobertura que es del 98% para dichos municipios en el horizonte de evaluación.

Cuadro 20. Cobertura ponderada para los 5 municipios

Municipio	Cobertura horizonte de análisis 2026 a 2055
Querétaro	98.00%
Corregidora	98.00%
El Marqués	98.00%
Huimilpan	98.00%
Colón	98.00%

Fuente: Elaboración propia.

Con base en el porcentaje de cobertura ponderado se realizó la proyección de la población con servicio de agua potable, de la zona de estudio del Proyecto Sistema Batán, por lo cual para el año 2026 será de **1,706,847** habitantes y en el año 2055 pasará a **3,334,961**, tal y como se muestra en el siguiente cuadro:

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 21. Proyección de la población con cobertura

	Proyección de la población (hab) con cobertura					Total
Año	Querétaro	Corregidora	El Marqués	Huimilpan	Colón	Población
2025	1,092,312	221,180	241,055	38,299	69,841	1,662,687
2026	1,121,323	227,054	247,457	39,317	71,696	1,706,847
2027	1,150,858	233,034	253,975	40,352	73,584	1,751,803
2028	1,180,918	239,121	260,608	41,406	75,506	1,797,559
2029	1,211,502	245,315	267,358	42,478	77,461	1,844,114
2030	1,242,613	251,614	274,224	43,569	79,451	1,891,471
2031	1,274,247	258,019	281,205	44,678	81,473	1,939,622
2032	1,306,406	264,531	288,301	45,806	83,529	1,988,573
2033	1,339,091	271,149	295,514	46,952	85,620	2,038,326
2034	1,372,299	277,874	302,844	48,116	87,742	2,088,875
2035	1,406,033	284,705	310,288	49,299	89,899	2,140,224
2036	1,440,291	291,641	317,848	50,500	92,090	2,192,370
2037	1,475,075	298,684	325,524	51,720	94,314	2,245,317
2038	1,510,384	305,834	333,316	52,958	96,571	2,299,063
2039	1,546,217	313,090	341,224	54,215	98,862	2,353,608
2040	1,582,575	320,452	349,248	55,490	101,187	2,408,952
2041	1,619,458	327,921	357,386	56,782	103,546	2,465,093
2042	1,656,865	335,495	365,642	58,094	105,937	2,522,033
2043	1,694,797	343,175	374,013	59,424	108,363	2,579,772
2044	1,733,254	350,963	382,500	60,773	110,821	2,638,311
2045	1,772,237	358,856	391,102	62,140	113,313	2,697,648
2046	1,811,744	366,856	399,821	63,525	115,840	2,757,786
2047	1,851,776	374,962	408,655	64,928	118,400	2,818,721
2048	1,892,332	383,174	417,605	66,350	120,993	2,880,454

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COMISIÓ
DE A

	Proyección de la población (hab) con cobertura					Total
Año	Querétaro	Corregidora	El Marqués	Huimilpan	Colón	Población
2049	1,933,414	391,492	426,671	67,791	123,619	**2,942,987**
2050	1,975,019	399,917	435,853	69,250	126,280	**3,006,319**
2051	2,017,151	408,448	445,151	70,727	128,973	**3,070,450**
2052	2,059,807	417,086	454,564	72,222	131,700	**3,135,379**
2053	2,102,988	425,830	464,094	73,736	134,462	**3,201,110**
2054	2,146,693	434,679	473,739	75,269	137,256	**3,267,636**
2055	2,190,923	443,635	483,500	76,819	140,084	**3,334,961**

Fuente: Elaboración propia con base en las coberturas proporcionadas por la CEA.

Padrón de Usuarios del área en estudio

La estimación de la demanda de agua potable en la ZMQ se determinó en función de las unidades servidas por tipo de usuario, consumo por toma y eficiencia física del sistema; lo cual, se proyectó en el horizonte de evaluación.

El padrón de usuarios de la zona de influencia lo integran usuarios domésticos, comercial, industrial servicio público, hidrantes y beneficencias; para 2024 se tiene un registro total de 691,622 unidades, sin embargo, dado que el 100% de la población es quien demanda el servicio, el total de unidades que integran la demanda para el Proyecto Sistema Batán es de 705,737.

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COMISIÓ
DE

Cuadro 22. Padrón de Usuarios de la ZMQ

Unidades	Unidades servidas 2024	Unidades totales que demandan servicio 2024
Doméstica (Unidad domiciliaria)	643,067	656,191
Comercio	37,047	37,803
Industrias	1,052	1,073
Servicio público oficial	2,570	2,622
Servicio público concesionado	1,456	1,486
Servicios hidrantes	5,905	6,026
Servicios beneficencias	525	536
Unidades totales	691,622	705,737

Fuente: Elaboración propia con datos del CEA.

En el año 2024, se obtuvo un promedio de 92.98% de unidades servidas domésticas, 5.36% de comerciales, 0.15% de industriales y 1.51% de otras.

Para la proyección de las unidades servidas domésticas se partió de la información registrada en 2024. Para el caso de las unidades servidas no domésticas (comerciales e industriales), se proyectaron considerando la proporción promedio del año 2024, de cada una de estas respecto a las domésticas.

Cuadro 23. Relación de unidades servidas domésticas y no domésticas

Unidades Servidas	2024
Domésticas	92.98%
Comerciales	5.36%
Industriales	0.15%

SIN TEXTO

Unidades Servidas	2024
Otras	1.51%

Fuente: Elaboración propia con información de la CEA.

Tomando las consideraciones anteriores, se proyectaron las unidades servidas para cada tipo de usuario pasando de 704,746 unidades servidas totales para 2026 a 937,453 en el año 2055. Se presenta la proyección en el horizonte de evaluación de 2026 a 2055 como se advierte a continuación:

Cuadro 24. Proyección de unidades domésticas y no domésticas que demandan el servicio de agua potable

Unidades /Año	Doméstica (Unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicios Publico Oficial	Servicios Públicos Concesionados	Servicios Hidrante	Servicios Beneficencias	Unidades Totales
2026	656,191	37,047	1,052	2,570	1,456	5,905	525	704,746
2027	662,978	38,039	1,080	2,639	1,495	6,063	539	712,833
2028	670,123	39,049	1,109	2,709	1,535	6,224	553	721,302
2029	677,204	40,078	1,138	2,780	1,575	6,388	568	729,731
2030	684,218	41,125	1,168	2,853	1,616	6,555	583	738,117
2031	691,159	42,190	1,198	2,927	1,658	6,725	598	746,455
2032	698,026	43,273	1,229	3,002	1,701	6,897	613	754,741
2033	704,815	44,375	1,260	3,078	1,744	7,073	629	762,974
2034	711,521	45,495	1,292	3,156	1,788	7,251	645	771,148
2035	718,143	46,633	1,324	3,235	1,833	7,433	661	779,262
2036	724,677	47,789	1,357	3,315	1,878	7,617	677	787,312
2037	731,122	48,964	1,390	3,397	1,924	7,804	694	795,296
2038	737,473	50,157	1,424	3,479	1,971	7,995	711	803,210
2039	743,729	51,368	1,459	3,563	2,019	8,188	728	811,054

SIN TEXTO

Unidades /Año	Doméstica (Unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicios Publico Oficial	Servicios Públicos Concesionados	Servicios Hidrante	Servicios Beneficencias	Unidades Totales
2040	749,887	52,598	1,494	3,649	2,067	8,384	745	818,824
2041	755,946	53,846	1,529	3,735	2,116	8,583	763	826,518
2042	761,902	55,112	1,565	3,823	2,166	8,784	781	834,134
2043	767,755	56,396	1,601	3,912	2,216	8,989	799	841,670
2044	773,503	57,699	1,638	4,003	2,268	9,197	818	849,126
2045	779,144	59,020	1,676	4,094	2,320	9,407	836	856,498
2046	784,677	60,359	1,714	4,187	2,372	9,621	855	863,786
2047	790,100	61,717	1,753	4,281	2,426	9,837	875	870,988
2048	795,412	63,093	1,792	4,377	2,480	10,056	894	878,103
2049	800,611	64,487	1,831	4,474	2,534	10,279	914	885,130
2050	805,698	65,899	1,871	4,572	2,590	10,504	934	892,067
2051	810,670	67,330	1,912	4,671	2,646	10,732	954	898,914
2052	815,527	68,779	1,953	4,771	2,703	10,963	975	905,671
2053	820,269	70,246	1,995	4,873	2,761	11,197	995	912,335
2054	824,894	71,731	2,037	4,976	2,819	11,433	1,017	918,907
2055	841,469	73,235	2,080	5,080	2,878	11,673	1,038	937,453

Fuente: Elaboración propia con información de la CEA.

Determinación de la Demanda de la población

Para la determinación del consumo en el Proyecto Sistema Batán, como parámetro para establecer la determinación de la demanda, se consideraron 2 factores de referencia para su cuantificación, a saber, consumo por tipo de clima y nivel socioeconómico.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

a) **Consumo por tipo de clima**

El estudio elaborado por CONAGUA denominado "Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México", considera un consumo doméstico deseado por tipo de clima de 22 m^3/toma/mes.

Cuadro 25. Promedio del consumo de agua potable estimado por clima predominante

Clima	Consumo l/hab/d			Subtotal por Clima
	Bajo	Medio	Alto	
Cálido Húmedo	198	206	243	201
Cálido Subhúmedo	175	203	227	191
Seco o Muy Seco	184	191	202	190
Templado o Frío	140	142	145	142

Cuadro 26. Promedio del consumo de agua potable estimado según nivel socio económico y clima*

Clima	Nivel Socioeconómico		
	Bajo	Medio	Alto
	m³/toma/mes		
Cálido Húmedo	24	25	28
Cálido Subhúmedo	20	23	26
Seco o Muy Seco	22	22	22
Templado o Frío	15	16	14

(*) Los niveles socioeconómicos están determinados con base en una clasificación de las viviendas por Área Geoestadística Básica (AGEB). Para el clima de cada localidad se utilizó el Sistema de Clasificación Climática de Köppen Fuente: Encuesta sobre el consumo de agua potable en los hogares (CIDE).

Fuente: MAPAS, Libro 4, CONAGUA.

b) **Función de demanda de agua**

Para establecer el consumo unitario para usuarios doméstico se puede utilizar la información del estudio de CONAGUA denominado "Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México" del mes de

SIN TEXTO

QUERÉTARO JUNTOS. ADELANTE. CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

octubre de 2012, en donde se definió la función de demanda de agua potable para el clima predominante en la zona de estudio, que es seco y muy seco, como sigue:

$$Q = e^{2.787} * P^{-0.286} * Y^{0.067} * N^{0.361} * e^{0.023 * TMA} * PMA^{-0.126}$$

Donde se establecen los siguientes:

Cuadro 27. Parámetros de la Función de Demanda

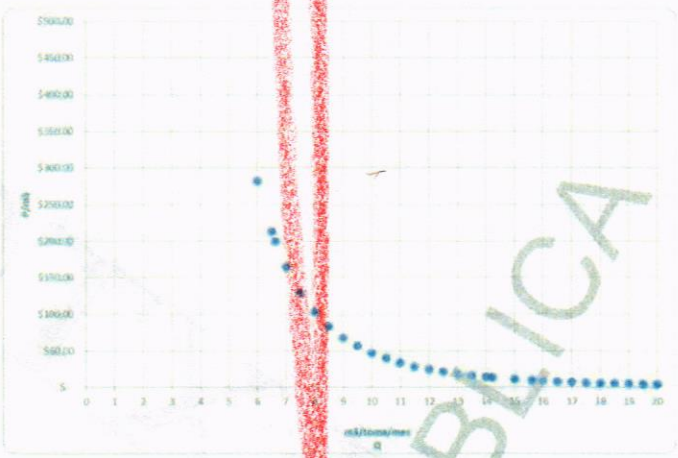
Variable	Descripción	Tipo de coeficiente	Unidades	Coeficiente estimado	Valor de variable para la zona de estudio
Q	Número de metros cúbicos consumidos mensualmente por toma	Variable dependiente	m^3 / toma / mes	---	
E	Constante	Valor ln	---	2.787	2.718
P	Precio por metro cúbico de agua	Valor ln	Pesos	-0.286	
N[1]	Número de habitantes por toma	Valor ln	Personas	0.361	2.84
PMA[2]	Precipitación media anual	Valor ln producto		-0.126	550.0
TMA[3]	Temperatura Media Anual		Grados	0.023	20
Y[4]	Ingreso			0.068	$20,145.0

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA.

Se obtiene la siguiente gráfica:

SIN TEXTO

Gráfica 6. Función de la demanda



Fuente: Elaboración propia, para mayor detalle véase memoria de cálculo sección "Función_Demanda_Qro".

Utilizando el precio medio observado por la población, el cual se obtiene de la tarificación de la CEA, se obtuvieron los datos siguientes en el año 2024:

Cuadro 28. Facturación 2024 por tipo de usuario

Unidades servidas	Unidades servidas 2024	m3 año	$	$/m3
Domésticas	643,067	46,224,268.95	$626,884,290.60	$13.56
Comerciales	37,047	4,682,436.62	$305,903,584.42	$65.33
Industriales	1052	364,493.10	$27,333,337.94	$74.99
Otros	10,456	552,850.45	$10,636,842.62	$19.24
Total	691622.0	$51,824,049.12	$970,758,055.58	

Fuente: Elaboración propia con datos de la CEA.

Al utilizar el valor de $13.56/m³ en la función de demanda, se obtiene un consumo deseable sin restricciones de **14.3 m³/toma/mes**.

SIN TEXTO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Propuesta CEA

Sobre las alternativas de 22 m^3/toma/mes recomendado por la CONAGUA; 14.3 m^3/toma/mes obtenido a partir de la función de demanda, dada la situación de las fuentes de abastecimiento y tomando en cuenta la experiencia y opinión de los técnicos de la CEA, se consideró que fijar el consumo doméstico en **19.77 m^3/toma/mes**, es un escenario conservador, deseable, factible y viable, como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 29. Consumos Propuestos por tipo de Usuario (m3/toma/mes)

Unidades	Consumos Propuestos (m^3/unidad/mes)
Domésticas	8.23
Comerciales	15.95
Industriales	90.74
Servicios publico oficial	110.68
Servicios Público Concesionado	35.31
Servicios hidrantes	0.67
Servicios beneficencias	381.24

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar la demanda por consumo de agua potable, se multiplicó el número de unidades servidas proyectadas por el consumo propuesto; determinando dicho consumo bajo las siguientes consideraciones.

Un aspecto importante para determinar la demanda de agua es cuantificar las pérdidas físicas en el sistema de agua potable que se obtiene con la relación del agua producida

SIN TEXTO

en fuentes y el agua facturada, lo cual está avalada por la CONAGUA, que es la entidad normativa en la materia.

Es una metodología perfectamente aplicable en los proyectos de agua potable y saneamiento, ya que es acorde a la normatividad y es el reflejo de la operación actual de los sistemas de agua, el cual es valorado en todo el país mediante el programa presupuestal PROAGUA de dicha institución y validado en el Manual de Agua Potable y Saneamiento (MAPAS) de 2015.

La demanda de agua en tomas de la zona de influencia se estimó en 2,522.6 L/s para el año 2026 y alcanza a 3,558.9 L/s para el año 2055; a continuación, se presenta la proyección en el horizonte de evaluación para cada tipo de consumo:

Cuadro 30. Demanda en tomas 2026-2055 (L/s)

Tipo de consumo	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo total
2026	2,056	225	36.3	108.2	19.6	1.5	76.2	**2,522.6**
2027	2,077	231	37.3	111.1	20.1	1.5	78.2	**2,556.3**
2028	2,100	237	38.3	114.1	20.6	1.6	80.3	**2,591.5**
2029	2,122	243	39.3	117.1	21.2	1.6	82.4	**2,626.6**
2030	2,144	250	40.3	120.1	21.7	1.7	84.5	**2,661.8**
2031	2,166	256	41.4	123.3	22.3	1.7	86.7	**2,696.9**
2032	2,187	263	42.4	126.4	22.8	1.8	89.0	**2,732.1**
2033	2,208	269	43.5	129.6	23.4	1.8	91.2	**2,767.2**
2034	2,229	276	44.6	132.9	24.0	1.9	93.5	**2,802.3**
2035	2,250	283	45.7	136.2	24.6	1.9	95.9	**2,837.4**

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Tipo de consumo	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo total
2036	2,271	290	46.9	139.6	25.2	1.9	98.2	**2,872.5**
2037	2,291	297	48.0	143.1	25.9	2.0	100.7	**2,907.4**
2038	2,311	304	49.2	146.5	26.5	2.0	103.1	**2,942.4**
2039	2,330	312	50.4	150.1	27.1	2.1	105.6	**2,977.2**
2040	2,350	319	51.6	153.7	27.8	2.1	108.1	**3,012.0**
2041	2,369	327	52.8	157.3	28.4	2.2	110.7	**3,046.7**
2042	2,387	334	54.0	161.0	29.1	2.2	113.3	**3,081.3**
2043	2,406	342	55.3	164.8	29.8	2.3	115.9	**3,115.8**
2044	2,424	350	56.6	168.6	30.5	2.4	118.6	**3,150.3**
2045	2,441	358	57.9	172.4	31.2	2.4	121.3	**3,184.6**
2046	2,459	366	59.2	176.3	31.9	2.5	124.1	**3,218.8**
2047	2,476	375	60.5	180.3	32.6	2.5	126.9	**3,252.9**
2048	2,492	383	61.9	184.3	33.3	2.6	129.7	**3,286.8**
2049	2,508	391	63.2	188.4	34.0	2.6	132.6	**3,320.7**
2050	2,524	400	64.6	192.5	34.8	2.7	135.5	**3,354.4**
2051	2,540	409	66.0	196.7	35.6	2.7	138.4	**3,388.0**
2052	2,555	417	67.4	200.9	36.3	2.8	141.4	**3,421.5**
2053	2,570	426	68.9	205.2	37.1	2.9	144.4	**3,454.8**
2054	2,585	435	70.3	209.6	37.9	2.9	147.5	**3,488.0**
2055	2,636	444	71.8	214.0	38.7	3.0	150.6	**3,558.9**

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

II.5. Interacción de la Oferta - Demanda

La interacción de la oferta-demanda consiste en la comparación del gasto de agua ofertado y el gasto de agua demandado a lo largo del horizonte de evaluación; este análisis se presenta mediante el siguiente cuadro donde, se concluye que para 2026 se presenta un déficit de agua, a nivel toma, por un gasto de -218.0 L/s y para el año 2055 el déficit de agua ascenderá a -1,254.3 L/s; existe déficit durante todo el horizonte de análisis:

Cuadro 31. Interacción Oferta-Demanda en tomas, Situación actual

Interacción Oferta-Demanda de agua en tomas ZMQ en el horizonte de evaluación Situación Actual			
Año	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)
2026	2,305	2,523	-218.0
2027	2,305	2,556	-251.8
2028	2,305	2,591	-286.9
2029	2,305	2,627	-322.0
2030	2,305	2,662	-357.2
2031	2,305	2,697	-392.3
2032	2,305	2,732	-427.5
2033	2,305	2,767	-462.6
2034	2,305	2,802	-497.8
2035	2,305	2,837	-532.8
2036	2,305	2,872	-567.9
2037	2,305	2,907	-602.9
2038	2,305	2,942	-637.8

SIN TEXTO

Interacción Oferta-Demanda de agua en tomas ZMQ en el horizonte de evaluación Situación Actual			
Año	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)
2039	2,305	2,977	-672.6
2040	2,305	3,012	-707.4
2041	2,305	3,047	-742.1
2042	2,305	3,081	-776.7
2043	2,305	3,116	-811.3
2044	2,305	3,150	-845.7
2045	2,305	3,185	-880.0
2046	2,305	3,219	-914.2
2047	2,305	3,253	-948.3
2048	2,305	3,287	-982.2
2049	2,305	3,321	-1,016.1
2050	2,305	3,354	-1,049.8
2051	2,305	3,388	-1,083.4
2052	2,305	3,421	-1,116.9
2053	2,305	3,455	-1,150.2
2054	2,305	3,488	-1,183.4
2055	2,305	3,559	-1,254.3

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a lo hasta aquí presentado, es evidente que las actuales fuentes de aprovechamiento para el suministro de agua potable no son suficientes para satisfacer la demanda, de acuerdo con los parámetros establecidos de consumo, situación se estima permanecerá en el corto, mediano y largo plazo en la ZMQ.

SIN TEXTO

Principales criterios de análisis

Oferta

La oferta en tomas, que representa el caudal disponible para consumo, se estima considerando la producción de agua menos las pérdidas del sistema, en situación actual, estas representan el 47.0%.

La producción de agua potable y la oferta en tomas se mantienen constantes, por lo cual, para efectos de evaluación del Proyecto Sistema Batán no se contemplan incrementos en la producción, ni nuevas fuentes.

Demanda

La población del área de influencia se estimó considerando los 5 municipios beneficiados: Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón.

Para proyectar la población de estas localidades se tomó como base la población 2020, publicada en el censo de población y vivienda INEGI 2020 y, se proyectó considerando el histórico de las tasas de crecimiento de los municipios de 1990 a 2020 con un factor de correlación del 99.86%.

Posteriormente, para obtener la población con servicio del área de influencia, se multiplicó la población obtenida por la cobertura del servicio de agua potable estimada por la CEA para cada uno de los municipios, la cual, coincide a la publicada en el censo INEGI 2020 y las coberturas se mantienen constantes en el horizonte de evaluación.

Respecto a las unidades servidas por tipo de usuario del área de estudio, éstas se proyectaron partiendo de los registrados en el padrón de usuarios de la CEA. Para el

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COMISIÓ
DE A

caso de las unidades servidas domésticas, estas se proyectaron tomando como base las unidades servidas registradas en el año 2024.

Para determinar el consumo doméstico de agua para proyectar la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, se analizaron 2 alternativas, por una parte, el consumo recomendado por la CONAGUA de 22 m^3/toma/mes, y la segunda alternativa se obtuvo a partir de la función de demanda para la zona de influencia del Proyecto Sistema Batán de acuerdo con las funciones públicas por la CONAGUA, el cual resultó en 14.3 m^3/toma/mes.

Para obtener la demanda de agua potable, se multiplicaron las unidades proyectadas por el consumo que se determinó con la función de demanda.

Finalmente, para estimar los requerimientos de producción de agua, se consideró la eficiencia actual del sistema que es de 53.0%.

III. SITUACIÓN SIN EL PPI

III.1. Optimizaciones

Al realizar el análisis de la situación actual, en ciertos casos, es posible identificar medidas simples de tipo administrativo, organizacional o normativo que no requieren demasiados recursos y que pueden reducir o, en algunas ocasiones, resolver temporalmente la problemática; por lo tanto, es posible que el proyecto planteado tenga que redimensionarse o, en su caso, posponerse. Las medidas así identificadas se les denomina medidas de optimización, las cuales buscan no atribuir a los proyectos

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COM
DE

beneficios que no le corresponden, ya que estos se podrían conseguir de forma más económica.

Por lo que, se pretende identificar si en la situación actual se opera de la forma más eficiente posible con los recursos de los que se dispone, es decir, las optimizaciones se tendrían que entender como medidas que se aplican para eliminar las ineficiencias existentes en los procesos de producción o provisión de un bien o servicio en la situación actual.

Las optimizaciones pueden perseguir ciertos objetivos, el primero va encaminado a incrementar la provisión de los bienes o servicios; mientras que el segundo, busca reducir costos y con ello liberar recursos que pueden ser utilizados para la atención de otras necesidades.

Una medida de optimización no debe representar una inversión considerable que compita con la inversión realizada en el proyecto; las optimizaciones implican mejorar las condiciones de operación actuales con los recursos con los que se cuenta; en los Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo-Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión se establece que estas medidas no deben exceder del 10% del valor de la inversión total del Proyecto, porcentaje que debe considerarse como una referencia, un valor indicativo no limitativo.

Por lo anterior, el Proyecto propuesto debe analizarse desde una situación optimizada, lo que implica encontrar medidas administrativas y/o inversiones menores que disminuyan la problemática o que mitiguen los efectos de ésta.

Las optimizaciones encontradas deben incidir en la oferta y/o la demanda, de manera que las medidas tengan un impacto en la situación actual.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Descripción de las medidas de optimización:

Con base en la información analizada en la situación actual respecto a la eficiencia física con la que opera el sistema de agua potable en los 5 municipios del área de influencia; se plantea como medidas de optimización elevar la eficiencia física, para recuperar caudal de agua que se está perdiendo por las deficiencias de la infraestructura, por lo tanto, se proponen las siguientes acciones relacionadas con sectorización de la red de distribución como: construcción y puesta en marcha de nuevos sectores; llevar a cabo campañas de reducción de fugas e instrumentación de sectores, estos trabajos ascienden a $452,000,000.00 (Cuatrocientos cincuenta y dos millones de pesos 00/100 M.N.) a ejecutarse en los primeros 3 años de construcción del Proyecto, como se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 32- Medidas de optimización

PROGRAMA DE INVERSIONES (EN MILES DE PESOS)								
					Total	2026	2027	2028
RESUMEN DE INVERSIONES					452,000	188,284	131,858	131,858
A	EFICIENCIA FÍSICA				452,000	188,284	131,858	131,858
1	SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN				452,000	188,284	131,858	131,858
No.	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.	PU	Importe	2025	2026	2027
1	**SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN**				**452,000**	**188,284**	**131,858**	**131,858**
1.1	Construcción y puesta en marcha de nuevos sectores.							
1.1.1	Sectorización GENERAL de la red de distribución, incluyendo la construcción de reforzamientos resultantes del diseño de sectores y de la revisión hidráulica integral del sistema de agua potable.	Sector	52	5000	260,000	124,184	67,908	67,908
1.2	Campaña de reducción de fugas.							

SIN TEXTO

PROGRAMA DE INVERSIONES (EN MILES DE PESOS)								
					Total	2026	2027	2028
RESUMEN DE INVERSIONES					452,000	188,284	131,858	131,858
A	EFICIENCIA FÍSICA				452,000	188,284	131,858	131,858
1	SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN				452,000	188,284	131,858	131,858
No.	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.	PU	Importe	2025	2026	2027
1.2.1	Detección y eliminación de fugas en tomas y en red.	Fuga	19000	2.2	41,800	13,933	13,933	13,933
1.2.2	Sustitución de red de agua antigua en los sectores con índices de fugas mayores, incluyendo la reposición de tomas domiciliarias.	Ha	2957	41.2	121,710	40,570	40,570	40,570
1.3	Instrumentación de sectores.							
1.3.1	Registrador de datos GPRS 2 canales de presión y 1 de gasto.	Registrador	119	53.0	6,307	2,102	2,102	2,102
1.3.2	Registrador de datos 1 canal de presión.	Registrador	22	23.0	506	169	169	169
1.3.3	Macromedidores de gasto (sectorización).	Medidor	63	51.0	3,213	1,071	1,071	1,071
1.3.4	Macromedidores de gasto (derivaciones).	Medidor	14	51.0	714	238	238	238
1.3.5	Macromedidores de gasto (recomendaciones).	Medidor	320	51.0	16,320	5,440	5,440	5,440
1.3.6	Sensores de nivel (recomendaciones).	Sensores	160	8.0	1,280	427	427	427
1.3.7	Cámara de video inspección empuje manual (con cable de 100 mts).	Cámara	1	150.0	150	150		

Fuente: Elaboración propia.

Se estima que con las acciones contempladas en las medidas de optimización se tendría un incremento en la eficiencia física del sistema de abastecimiento de 1% en cada uno de los años de su implementación 2026, 2027 y 2028, lo que representaría un incremento en la oferta del líquido a nivel toma.

SIN TEXTO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

III.2. Análisis de la Oferta Situación Sin Proyecto

La oferta de agua en Situación Sin Proyecto se mejora, en lo que se refiere a oferta en tomas, producto de las acciones que se llevarían a cabo en la infraestructura hidráulica como medidas de optimización; por ello, la eficiencia física se incrementa en un 1% anual durante 3 años, con lo cual, se recupera caudal que se estaba perdiendo por deficiencias.

En cuanto a oferta de agua en fuentes, con la implementación de las medidas de optimización, la infraestructura descrita en la situación actual no incrementa la capacidad de producción de agua potable en situación sin Proyecto, se mantiene con el mismo caudal que en Situación Actual, 4,348.3 L/s, pero si se fortalecerá la CEA con la recuperación de agua a través de las medidas propuestas, para una mejor administración del suministro por tipo de toma, doméstica, comercial, industrial, etc.

La producción de agua en los cinco municipios del área de influencia sigue siendo de 4,348.3 L/s; por lo que, la oferta en fuente no se modifica; la oferta en toma se incrementa de 2,304.6 L/s en Situación Actual a 2,348.1 L/s, 2,391.6 L/s en los 2 primeros años y 2,435.0 L/s a partir del tercer año del periodo de análisis y permanece a lo largo del horizonte de evaluación, como se observa en el cuadro siguiente:

Cuadro 33. Oferta de Agua Potable en Situación Sin Proyecto en el Horizonte de Análisis

Año	Oferta en Fuente		Oferta en Toma	
	l/s	m³ al año	l/s	m³ al año
2026	4,348.3	137,127,270.0	2,348.1	74,048,725.8
2027	4,348.3	137,127,270.0	2,391.6	75,419,998.5

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COM ÓN
DE

Año	Oferta en Fuente		Oferta en Toma	
	l/s	m³ al año	l/ s	m³ al año
2028	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2029	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2030	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2031	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2032	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2033	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2034	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2035	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2036	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2037	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2038	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2039	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2040	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2041	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2042	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2043	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2044	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2045	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2046	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2047	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2048	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2049	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2050	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2051	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2052	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2053	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2054	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2055	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

III.3. Análisis de la Demanda Situación Sin Proyecto

La demanda de agua en unidades servidas en Situación Sin Proyecto es la misma que en la Situación Actual, es decir se aplicaron los mismos criterios en su determinación:

- La población del área de influencia se consideró la de los cinco municipios beneficiados: Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón.
- La proyección de la población tomó como base la población 2020, publicada en el censo de población y vivienda INEGI, 2020 y se proyectó considerando el histórico de las tasas de crecimiento de los municipios de 1990 a 2020 con un factor de correlación del 99.86%.
- La población con servicio del área de estudio se obtuvo con la cobertura del servicio de agua potable estimada por la CEA para cada uno de los municipios.
- Las unidades servidas por tipo de usuario se proyectaron partiendo de los registrados en el padrón de usuarios de la CEA.
- Para determinar el consumo doméstico de agua para proyectar la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, se analizaron dos alternativas, por una parte, el consumo recomendado por la CONAGUA de 22 m3/toma/mes, una segunda alternativa se obtuvo a partir de la función de demanda para la zona de influencia del Proyecto de acuerdo con las funciones públicas por la CONAGUA, el cual resultó en 14.3 m3/toma/mes.
- Los consumos no domésticos considerados fueron los consumos medidos registrados en el año 2024.

De esta manera, la demanda de agua potable, a nivel de toma, para la ZMQ es de 2,522.6 L/s para el año 2026 y alcanza los 3,558.9 L/s para el final del periodo de análisis 2055. En lo que respecta a la demanda de agua a nivel de fuente, para su determinación se

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

consideró el incremento en la eficiencia física producto de las medidas de optimización, resultando en 4,671.4 L/ para 2026 el año de inicio de análisis y 6,355.1 L/s para el año final 2055. Esta información, por tipo de toma se presenta en los siguientes cuadros:

Cuadro 34. Proyección de la Demanda en Tomas Situación Sin Proyecto (L/s)

Tipo de consumo	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo total
2026	2,056.0	224.8	36.3	108.2	19.6	1.5	76.2	**2,522.6**
2027	2,077.2	230.8	37.3	111.1	20.1	1.5	78.2	**2,556.3**
2028	2,099.6	237.0	38.3	114.1	20.6	1.6	80.3	**2,591.5**
2029	2,121.8	243.2	39.3	117.1	21.2	1.6	82.4	**2,626.6**
2030	2,143.8	249.6	40.3	120.1	21.7	1.7	84.5	**2,661.8**
2031	2,165.5	256.0	41.4	123.3	22.3	1.7	86.7	**2,696.9**
2032	2,187.0	262.6	42.4	126.4	22.8	1.8	89.0	**2,732.1**
2033	2,208.3	269.3	43.5	129.6	23.4	1.8	91.2	**2,767.2**
2034	2,229.3	276.1	44.6	132.9	24.0	1.9	93.5	**2,802.3**
2035	2,250.1	283.0	45.7	136.2	24.6	1.9	95.9	**2,837.4**
2036	2,270.5	290.0	46.9	139.6	25.2	1.9	98.2	**2,872.5**
2037	2,290.7	297.1	48.0	143.1	25.9	2.0	100.7	**2,907.4**
2038	2,310.6	304.4	49.2	146.5	26.5	2.0	103.1	**2,942.4**
2039	2,330.2	311.7	50.4	150.1	27.1	2.1	105.6	**2,977.2**
2040	2,349.5	319.2	51.6	153.7	27.8	2.1	108.1	**3,012.0**
2041	2,368.5	326.8	52.8	157.3	28.4	2.2	110.7	**3,046.7**
2042	2,387.2	334.4	54.0	161.0	29.1	2.2	113.3	**3,081.3**
2043	2,405.5	342.2	55.3	164.8	29.8	2.3	115.9	**3,115.8**
2044	2,423.5	350.2	56.6	168.6	30.5	2.4	118.6	**3,150.3**

SIN TEXTO

Tipo de consumo	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo total
2045	2,441.2	358.2	57.9	172.4	31.2	2.4	121.3	**3,184.6**
2046	2,458.5	366.3	59.2	176.3	31.9	2.5	124.1	**3,218.8**
2047	2,475.5	374.5	60.5	180.3	32.6	2.5	126.9	**3,252.9**
2048	2,492.2	382.9	61.9	184.3	33.3	2.6	129.7	**3,286.8**
2049	2,508.5	391.3	63.2	188.4	34.0	2.6	132.6	**3,320.7**
2050	2,524.4	399.9	64.6	192.5	34.8	2.7	135.5	**3,354.4**
2051	2,540.0	408.6	66.0	196.7	35.6	2.7	138.4	**3,388.0**
2052	2,555.2	417.4	67.4	200.9	36.3	2.8	141.4	**3,421.5**
2053	2,570.1	426.3	68.9	205.2	37.1	2.9	144.4	**3,454.8**
2054	2,584.5	435.3	70.3	209.6	37.9	2.9	147.5	**3,488.0**
2055	2,636.5	444.4	71.8	214.0	38.7	3.0	150.6	**3,558.9**

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35. Proyección de la Demanda en Fuentes Situación Sin Proyecto (L/s)

Tipo de consumo/ Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo total
2026	3,807.3	416.3	67.3	200.4	36.2	2.8	141.0	**4,671.4**
2027	3,776.8	419.7	67.8	202.1	36.5	2.8	142.2	**4,647.9**
2028	3,749.3	423.2	68.4	203.7	36.8	2.8	143.4	**4,627.6**
2029	3,788.9	434.3	70.2	209.1	37.8	2.9	147.1	**4,690.3**
2030	3,828.2	445.7	72.0	214.5	38.8	3.0	151.0	**4,753.1**
2031	3,867.0	457.2	73.9	220.1	39.8	3.1	154.9	**4,815.9**
2032	3,905.4	468.9	75.8	225.8	40.8	3.1	158.9	**4,878.7**
2033	3,943.4	480.9	77.7	231.5	41.8	3.2	162.9	**4,941.5**

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Tipo de consumo / Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo total
2034	3,980.9	493.0	79.7	237.3	42.9	3.3	167.0	5,004.2
2035	4,018.0	505.3	81.6	243.3	44.0	3.4	171.2	5,066.8
2036	4,054.6	517.9	83.7	249.3	45.1	3.5	175.4	5,129.4
2037	4,090.6	530.6	85.7	255.4	46.2	3.6	179.8	5,191.9
2038	4,126.1	543.5	87.8	261.7	47.3	3.6	184.1	5,254.2
2039	4,161.1	556.7	89.9	268.0	48.4	3.7	188.6	5,316.5
2040	4,195.6	570.0	92.1	274.4	49.6	3.8	193.1	5,378.6
2041	4,229.5	583.5	94.3	280.9	50.8	3.9	197.7	5,440.6
2042	4,262.8	597.2	96.5	287.5	52.0	4.0	202.3	5,502.4
2043	4,295.6	611.2	98.7	294.2	53.2	4.1	207.0	5,564.0
2044	4,327.7	625.3	101.0	301.0	54.4	4.2	211.8	5,625.5
2045	4,359.3	639.6	103.3	307.9	55.6	4.3	216.7	5,686.7
2046	4,390.2	654.1	105.7	314.9	56.9	4.4	221.6	5,747.8
2047	4,420.6	668.8	108.1	322.0	58.2	4.5	226.6	5,808.7
2048	4,450.3	683.7	110.5	329.2	59.5	4.6	231.6	5,869.3
2049	4,479.4	698.8	112.9	336.4	60.8	4.7	236.7	5,929.8
2050	4,507.9	714.1	115.4	343.8	62.1	4.8	241.9	5,990.0
2051	4,535.7	729.6	117.9	351.3	63.5	4.9	247.2	6,050.0
2052	4,562.9	745.3	120.4	358.8	64.9	5.0	252.5	6,109.8
2053	4,589.4	761.2	123.0	366.5	66.2	5.1	257.9	6,169.3
2054	4,615.3	777.3	125.6	374.2	67.6	5.2	263.3	6,228.6
2055	4,708.0	793.6	128.2	382.1	69.1	5.3	268.9	6,355.1

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

III.4. Diagnóstico de la Interacción Oferta – Demanda

De la interacción entre la oferta y la demanda en Situación Sin Proyecto se desprende que, si bien las medidas de optimización coadyuvan en la disminución de la problemática identificada en la Situación Actual, no son suficientes para ofrecer una solución a la escasez de agua potable para la población de la ZMQ. Continúan presentándose déficits importantes tanto en fuentes como en tomas a lo largo del horizonte de análisis, como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 36. Interacción Oferta-Demanda de agua ZMQ en horizonte de evaluación Situación Sin Proyecto

Año	En Tomas			En Fuentes		
	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)
2026	2,348.1	2,522.6	-174.5	4,348.3	4,671.4	-323.2
2027	2,391.6	2,556.3	-164.8	4,348.3	4,647.9	-299.6
2028	2,435.0	2,591.5	-156.5	4,348.3	4,627.6	-279.3
2029	2,435.0	2,626.6	-191.6	4,348.3	4,690.3	-342.1
2030	2,435.0	2,661.8	-226.7	4,348.3	4,753.1	-404.8
2031	2,435.0	2,696.9	-261.9	4,348.3	4,815.9	-467.6
2032	2,435.0	2,732.1	-297.0	4,348.3	4,878.7	-530.4
2033	2,435.0	2,767.2	-332.2	4,348.3	4,941.5	-593.2
2034	2,435.0	2,802.3	-367.3	4,348.3	5,004.2	-655.9
2035	2,435.0	2,837.4	-402.4	4,348.3	5,066.8	-718.6
2036	2,435.0	2,872.5	-437.4	4,348.3	5,129.4	-781.1
2037	2,435.0	2,907.4	-472.4	4,348.3	5,191.9	-843.6
2038	2,435.0	2,942.4	-507.3	4,348.3	5,254.2	-906.0

SIN TEXTO

Año	En Tomas			En Fuentes		
	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)
2039	2,435.0	2,977.2	-542.2	4,348.3	5,316.5	-968.2
2040	2,435.0	3,012.0	-577.0	4,348.3	5,378.6	-1,030.3
2041	2,435.0	3,046.7	-611.7	4,348.3	5,440.6	-1,092.3
2042	2,435.0	3,081.3	-646.3	4,348.3	5,502.4	-1,154.1
2043	2,435.0	3,115.8	-680.8	4,348.3	5,564.0	-1,215.7
2044	2,435.0	3,150.3	-715.2	4,348.3	5,625.5	-1,277.2
2045	2,435.0	3,184.6	-749.5	4,348.3	5,686.7	-1,338.5
2046	2,435.0	3,218.8	-783.7	4,348.3	5,747.8	-1,399.5
2047	2,435.0	3,252.9	-817.8	4,348.3	5,808.7	-1,460.4
2048	2,435.0	3,286.8	-851.8	4,348.3	5,869.3	-1,521.1
2049	2,435.0	3,320.7	-885.6	4,348.3	5,929.8	-1,581.5
2050	2,435.0	3,354.4	-919.4	4,348.3	5,990.0	-1,641.7
2051	2,435.0	3,388.0	-953.0	4,348.3	6,050.0	-1,701.7
2052	2,435.0	3,421.5	-986.4	4,348.3	6,109.8	-1,761.5
2053	2,435.0	3,454.8	-1,019.8	4,348.3	6,169.3	-1,821.0
2054	2,435.0	3,488.0	-1,053.0	4,348.3	6,228.6	-1,880.3
2055	2,435.0	3,558.9	-1,123.8	4,348.3	6,355.1	-2,006.9

Fuente: Elaboración propia.

III.5. Alternativas de Solución

En este apartado se presenta el análisis de las alternativas que pudieran resolver la problemática planteada de escasez de agua potable para la población de la ZMQ. Se centra en el tratamiento, tecnología de punta, de agua residual municipal para consumo

SIN TEXTO

humano. Los recursos hídricos no convencionales como son las aguas residuales tratadas son esenciales ante la escasez de agua.

Dentro de los procesos de tratamiento de aguas residuales, se analizan los dos más difundidos que se promueven actualmente en el mercado: tecnología MBR y tecnología MBBR. El nombre completo de MBR es Membrane Bioreactor y el nombre completo de MBBR es Moving Bed Biofilm Reactor.

El concepto comenzó en Windhoek, Namibia en 1968; otros casos, en el mundo: Singapur, Singapur; Ciudad del Cabo, Sudáfrica; Goulburn, Australia y; Orange County California, y Waco Texas, EUA. La experiencia en México es incipiente.

Alternativa I Tratamiento MBR

La primera alternativa analizada, de economía circular para abastecimiento sustentable de agua potable a la ZMQ, consiste en producir aguas renovadas a partir de las aguas residuales municipales de la propia ZMQ mediante su tratamiento, utilizando tecnología MBR, y potabilización para su uso doméstico.

Esta alternativa contempla procesos de tratamiento de aguas residuales con tecnología MBR en las plantas de tratamiento, el cual es un proceso de fangos activos evolucionado, el principio básico es reemplazar el tanque de sedimentación secundario con una membrana MBR para reducir el espacio del piso y el volumen de lodo. Debe usarse en combinación con microorganismos.

Para lograr la regeneración de las aguas residuales se requiere llevar a cabo obras y acciones como son: rehabilitación, ampliación y construcción de las plantas tratamiento de agua residuales San Pedro Mártir, Sur y Arroyo Hondo; construcción de colectores y complementación de caudales para abastecer las PTARs; se mejorarán y modernizarán

SIN TEXTO

los trenes de tratamiento para cumplir con la NOM 001 SEMARNAT 2021; las aguas una vez tratadas se conducirán mediante tubería con un cárcamo de bombeo para enviarlas a la presa El Batán de donde se extraerán los volúmenes con criterio uno a uno (considerando mermas) y serán potabilizadas en una nueva planta. Las aguas potabilizadas cumpliendo la NOM 127-SSA1- 2021 se entregarán a la ZMQ en sitios estratégicos.

Además:

- Se incorpora un tanque regulador en la PTAR SPM y otro en la PTAR Sur, para regular caudales y contaminantes.

- Al pretratamiento en todas las PTAR se agrega un primario avanzado (floculación inducida) para remoción de fósforo antes del MBR y pulimiento con columnas de absorción con carbón activado y desinfección vía FUV.

Las capacidades consideradas para las PTARs San Pedro Mártir: 1,000 L/s; Sur: 800 L/s y Arroyo Hondo: 60 L/s; la planta potabilizadora dará tratamiento un caudal aproximado de 1,800 L/s colectado en el sistema de drenaje de agua residual en la ZMQ.

El monto de inversión que representa esta alternativa asciende a $11,043,501,967.09 (once mil cuarenta y ters millones quinientos un mil novecientos sesenta y siete pesos 09/100 M.N.) incluyendo el IVA, programándose su ejecución en 3 años como se presenta a continuación:

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓ
DE A

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 37. Presupuesto de Inversión Alternativa I Tecnología MBR (pesos)

Concepto	2026	2027	2028	2029	Total
Preinversión	714,335,230.40	200,386,547.73	136,584,093.25	6,028,327.37	1,057,334,198.75
Colectores	168,048,010.96	372,838,674.71	236,615,921.70	10,443,370.11	787,945,977.48
Estaciones Regeneradoras de Agua -ERAS	867,401,021.14	776,999,648.19	483,658,333.94	21,346,927.76	2,149,405,931.03
Líneas de Impulsión de Aguas Regeneradas (Líneas Moradas)	264,496,155.26	583,072,866.23	370,776,967.78	16,364,752.95	1,234,710,742.23
Humedal	15,560,072.54	27,880,696.36	19,003,569.22	838,748.74	63,283,086.87
Obra de Toma	948,286.49	33,307,028.38	160,075,836.12	7,065,167.85	201,396,318.84
Planta Potabilizadora	462,189,361.30	898,212,926.37	595,120,659.67	26,266,471.27	1,981,789,418.60
Líneas de Impulsión de Agua Potable	203,574,025.21	385,951,151.60	257,893,282.96	11,382,475.80	858,800,935.57
Tanques	211,977,259.98	415,780,404.15	274,618,440.87	12,120,663.72	914,496,768.71
Infraestructura eléctrica y sistema de control supervisorio	60,254,426.00	174,368,733.76	102,638,087.92	4,530,073.60	341,791,321.27
SUBTOTAL	2,968,783,849.27	3,868,798,677.48	2,636,985,193.43	116,386,979.17	9,590,954,699.35
IVA	402,027,647.94	613,733,624.18	418,322,744.24	18,463,251.38	1,452,547,267.74
TOTAL	3,370,811,497.21	4,482,532,301.66	3,055,307,937.67	134,850,230.56	11,043,501,967.09

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de operación y mantenimiento del Proyecto ascienden a $859,379,022.94 (ochocientos cincuenta y nueve mil trescientos setenta y nueve mil veintidós pesos 00/100 M.N.) para años no bisiestos incluyendo IVA, a lo largo del periodo de operación (27 años); se realizaría un mantenimiento mayor que representaría $598,365,273.43 (quinientos noventa ocho millones trescientos sesenta y cinco mil doscientos setenta y tres pesos 43/100 M.N.) IVA incluido, distribuidos en dos años 15 y 16 del periodo de operación y $430,451,206.16 (cuatrocientos treinta y tres millones cuatrocientos cincuenta y un mil doscientos seis pesos 16/100 M.N.) que se desembolsarían también en 2 años, 25 y 26 del periodo de operación del Proyecto.

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO · QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. · CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Alternativa II

La segunda alternativa analizada, requiere de la realización de las mismas obras y trabajos señalados en la primera alternativa, la diferencia consiste en utilizar dentro del tratamiento de las aguas residuales tecnología **MBBR** que es un reactor de biopelícula de lecho móvil; es un proceso mejorado del método de biopelícula. El principio básico es aumentar el contenido de microorganismos unitarios en el reactor utilizando la membrana como vehículo para mejorar la eficiencia del tratamiento.

La inversión requerida por esta Alternativa asciende a $ 11,477,401,306.14 (once mil cuatrocientos setenta y siete millones cuatrocientos un mil trescientos seis pesos 14/100 M.N.) incluyendo IVA, programando su ejecución también a 3 años; esta información se presenta en el siguiente cuadro para los principales conceptos de trabajo.

Cuadro 38. Presupuesto de Inversión Alternativa II Tecnología MBBR

Concepto	2026	2027	2028	2029	Total
Preinversión	714,335,230.40	200,386,547.73	136,584,093.25	6,028,327.37	1,057,334,198.75
Colectores	168,048,010.96	372,838,674.71	236,615,921.70	10,443,370.11	787,945,977.48
Estaciones Regeneradoras de Agua -ERAS	989,821,811.71	886,661,625.62	551,919,535.12	24,359,730.04	2,452,762,702.50
Líneas de Impulsión de Aguas Regeneradas (Líneas Moradas)	264,496,155.26	583,072,866.23	370,776,967.78	16,364,752.95	1,234,710,742.23
Humedal	15,560,072.54	27,880,696.36	19,003,569.22	838,748.74	63,283,086.87
Obra de Toma	948,286.49	33,307,028.38	160,075,836.12	7,065,167.85	201,396,318.84
Planta Potabilizadora	462,189,361.30	898,212,926.37	595,120,659.67	26,266,471.27	1,981,789,418.60
Líneas de Impulsión de Agua Potable	203,574,025.21	385,951,151.60	257,893,282.96	11,382,475.80	858,800,935.57
Tanques	211,977,259.98	415,780,404.15	274,618,440.87	12,120,663.72	914,496,768.71
Infraestructura eléctrica y sistema de control supervisorio	60,254,426.00	174,368,733.76	102,638,087.92	4,530,073.60	341,791,321.27
SUBTOTAL	3,091,204,639.84	3,978,460,654.91	2,705,246,394.61	119,399,781.45	9,894,311,470.81
IVA	438,158,466.24	668,890,771.14	455,918,026.90	20,122,571.05	1,583,089,835.33
TOTAL	3,529,363,106.08	4,647,351,426.05	3,161,164,421.52	139,522,352.50	11,477,401,306.14

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

De igual manera que en la Alternativa I, los costos de operación y mantenimiento del Proyecto se estiman en $859,379,022.94 (ochocientos cincuenta y nueve millones trescientos setenta y nueve mil veintidós pesos 94/100 M.N.) para años no bisiestos incluyendo IVA, a lo largo del periodo de operación (27 años); se realizaría un mantenimiento mayor que representaría $598,365,273.43 (quinientos noventa y ocho millones trescientos sesenta y cinco mil doscientos setenta y tres 43/100 M.N.) IVA incluido, distribuidos en 2 años, 15 y 16 del periodo de operación y $430,451,208.19 (cuatrocientos treinta millones cuatrocientos cincuenta y un mil doscientos ocho pesos 19/100 M.N.) que se desembolsarían también en 2 años, 25 y 26 del periodo de operación del Proyecto.

Factores técnicos y económicos para la selección de la alternativa

Alternativa I Tecnología MBR

La vida media del módulo de membrana es de 8 a 10 años, pero con las membranas Mycrodin la duración es superior a 15 años. Es necesario reemplazar las membranas y/o los módulos cuando caduquen. Además, debido al bloqueo de la membrana, deben limpiarse a demanda durante la operación diaria, con costos de operación y mantenimiento modestos por este concepto. La biología MBR comienza rápidamente y tiene resultados rápidos. MBR puede mejorar eficazmente la carga de lodos.

Tiene efectos obvios en el tratamiento de la SS, si bien si se emplean membranas baratas e inadecuadas se pueden bloquear las membranas.

En principio, MBR no tiene capacidad de procesamiento NT pero fácilmente se puede adicionar un tratamiento complementario que reduzca la presencia de NT en el efluente tratado.

SIN TEXTO

Para el tema del fósforo en distintos compuestos, con la excepción de TP, MBR, no cuenta con capacidad de procesamiento y requiere eliminación química de fósforo. Nuevamente, esta aparente contraindicación se resuelve con procesos adicionales de tratamiento en la misma planta MBR para reducir la presencia de fósforo en distintos compuestos.

Alternativa II Tecnología MBBR

MBBR pertenece al proceso de biopelícula, los cuales tienen un buen efecto en el tratamiento de contaminantes orgánicos, incluidos DQO, DBO y nitrógeno amoniacal. No tiene la capacidad de tratar la SS y debe combinarse con la sedimentación por coagulación posterior o el tratamiento de UF.

MMBR puede tratar la NT mediante desnitrificación debido a la existencia de áreas hipóxicas en el biofilm. Para el tema del fósforo en distintos compuestos, con la excepción de TP, no cuenta con capacidad de procesamiento y requiere eliminación química de fósforo.

MBR vs MBBR

- El MBR tiene efectos evidentes en el tratamiento de sólidos suspendidos (SS). El MBBR no tiene capacidad para tratar SS.

- El MBR no tiene ninguna capacidad de tratamiento del nitrógeno total (TN). El MMBR puede tratar TN mediante desnitrificación debido a la existencia de zonas hipóxicas en la biopelícula.

SIN TEXTO

- El MBR utiliza filtración por membrana lo que impide el paso de partículas sólidas y microorganismos, lo que se traduce en un efluente de mayor calidad. El MBBR se basa en el crecimiento de biopelículas en medios flotantes para el tratamiento, lo que puede no proporcionar el mismo nivel de filtración.

- Los sistemas MBR ocupan espacios reducidos. Las membranas utilizadas en los sistemas MBR permiten mayores concentraciones de biomasa, reduciendo el tamaño del reactor.

  Los sistemas MBBR requieren tanques más grandes para acomodar los medios flotantes y proporcionar suficiente tiempo de contacto para los procesos biológicos.

Alternativa Seleccionada

Ambos procesos MBR y MBBR producen el agua con las características apropiadas para uso doméstico y consumo humano que señala la normatividad vigente. Ante esta situación, se determinó el Costo Anual Equivalente de ambas alternativas para determinar cuál de ellas representa el uso eficiente de la inversión. Estos cálculos se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 39. Alternativa I Tecnología MBR

Año (n)	Costo Inversión ($)	Operación y Mantenimiento ($)	Costo total anual Ct ($)	Factor Actualización	Valor presente de costos ($)
0	2,968,783,849	-	2,968,783,849	1.0000	2,968,783,849
1	3,868,798,677	-	3,868,798,677	0.9091	3,517,089,707
2	2,636,985,193	-	2,636,985,193	0.8264	2,179,326,606
3	116,386,979.17	677,922,989	794,309,968	0.7513	596,776,836
4		740,843,985	740,843,985	0.6830	506,006,410

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Año (n)	Costo Inversión ($)	Operación y Mantenimiento ($)	Costo total anual Ct ($)	Factor Actualización	Valor presente de costos ($)
5		740,843,985	740,843,985	0.6209	460,005,828
6		742,873,695	742,873,695	0.5645	419,332,834
7		740,843,985	740,843,985	0.5132	380,170,105
8		740,843,985	740,843,985	0.4665	345,609,187
9		740,843,985	740,843,985	0.4241	314,190,170
10		742,873,695	742,873,695	0.3855	286,409,968
11		740,843,985	740,843,985	0.3505	259,661,297
12		740,843,985	740,843,985	0.3186	236,055,725
13		740,843,985	740,843,985	0.2897	214,596,113
14		742,873,695	742,873,695	0.2633	195,621,862
15		998,760,051	998,760,051	0.2394	239,095,216
16		998,760,051	998,760,051	0.2176	217,359,287
17		740,843,985	740,843,985	0.1978	146,572,033
18		742,873,695	742,873,695	0.1799	133,612,364
19		740,843,985	740,843,985	0.1635	121,133,912
20		740,843,985	740,843,985	0.1486	110,121,738
21		740,843,985	740,843,985	0.1351	100,110,671
22		742,873,695	742,873,695	0.1228	91,259,042
23		740,843,985	740,843,985	0.1117	82,736,091
24		740,843,985	740,843,985	0.1015	75,214,629
25		926,383,299	926,383,299	0.0923	85,501,471
26		928,413,009	928,413,009	0.0839	77,898,914
27		740,843,985	740,843,985	0.0763	56,509,864
28		740,843,985	740,843,985	0.0693	51,372,603
29		740,843,985	740,843,985	0.0630	46,702,367
	Tasa de descuento (r):	10.00%			
		FÓRMULA USADA:			
		$CAE = VPC \times \frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1}$			
		$VPC = \sum_{t=1 \to n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$			
		Suma Ct	30,429,910,324	VPC =	14,514,836,698
Vida Útil	27	FACTOR CAE:	0.108257642		
Prom.c/año:	981,610,010	CAE	1,571,341,999		
	VENTAJA DEL PROYECTO A FAVOR		*1.93%*	*30,397,802*	

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 40. Alternativa II Tecnología MBBR

Año (n)	Costo Inversión ($)	Operación y Mantenimiento ($)	Costo total anual Ct ($)	Factor Actualización	Valor presente de costos ($)
0	3,091,204,640	-	3,091,204,640	1.0000	3,091,204,640
1	3,978,460,655	-	3,978,460,655	0.9091	3,616,782,414
2	2,705,246,395	-	2,705,246,395	0.8264	2,235,740,822
3	119,399,781.45	677,922,989	797,322,771	0.7513	599,040,399
4		740,843,985	740,843,985	0.6830	506,006,410
5		740,843,985	740,843,985	0.6209	460,005,828
6		742,873,695	742,873,695	0.5645	419,332,834
7		740,843,985	740,843,985	0.5132	380,170,105
8		740,843,985	740,843,985	0.4665	345,609,187
9		740,843,985	740,843,985	0.4241	314,190,170
10		742,873,695	742,873,695	0.3855	286,409,968
11		740,843,985	740,843,985	0.3505	259,661,297
12		740,843,985	740,843,985	0.3186	236,055,725
13		740,843,985	740,843,985	0.2897	214,596,113
14		742,873,695	742,873,695	0.2633	195,621,862
15		998,760,051	998,760,051	0.2394	239,095,216
16		998,760,051	998,760,051	0.2176	217,359,287
17		740,843,985	740,843,985	0.1978	146,572,033
18		742,873,695	742,873,695	0.1799	133,612,364
19		740,843,985	740,843,985	0.1635	121,133,912
20		740,843,985	740,843,985	0.1486	110,121,738
21		740,843,985	740,843,985	0.1351	100,110,671
22		742,873,695	742,873,695	0.1228	91,259,042
23		740,843,985	740,843,985	0.1117	82,736,091
24		740,843,985	740,843,985	0.1015	75,214,629
25		926,383,299	926,383,299	0.0923	85,501,471
26		928,413,009	928,413,009	0.0839	77,898,914
27		740,843,985	740,843,985	0.0763	56,509,864
28		740,843,985	740,843,985	0.0693	51,372,603
29		740,843,985	740,843,985	0.0630	46,702,367
	Tasa de descuento (r):	10%			
		FÓRMULA USADA:			
			$r(1+r)^m$		
		CAE = VPC x	$(1+r)^m - 1$		
	VPC =	$\sum_{t=1 \to n}$	$\frac{C_t}{(1+r)^t}$		
		Suma Ct	30,733,267,095	VPC =	14,795,627,974
Vida Útil	27	FACTOR CAE:	0.108257642		
Prom.c/año:	991,395,713	CAE	1,601,739,800		

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

Del análisis realizado se concluye que el Valor Presente de Costos de la Alternativa I por $14,514,836,698 (Catorce mil quinientos catorce millones ochocientos treinta y seis mil seiscientos noventa y ocho pesos 00/100 M.N.) es menor que el obtenido para la Alternativa II cuyo VPC alcanzó $14,795,627,974 (Catorce mil setecientos noventa y cinco millones seiscientos veintisiete mil novecientos setenta y cuatro pesos 00/100 M.N.); en tanto que los Costos Anuales Equivalentes que se obtuvieron fueron de $ 1,571,341,999 (Un mil quinientos setenta y un millones trescientos cuarenta y un mil novecientos noventa y nueve pesos 00/100 M.N.) y $1,601,739,800 (Un mil seiscientos un millones setecientos treinta y nueve mil ochocientos pesos 0/100 M.N.) para la Alternativa I y Alternativa II respectivamente.

IV. SITUACIÓN CON EL PPI

IV.1. Descripción General

El Proyecto Sistema Batán se encuentra catalogado como un proyecto de infraestructura económica conforme a lo establecido en los Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión emitidos por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Para la presente evaluación socioeconómica del Proyecto se realizó un Análisis Costo Beneficio que consiste en determinar la conveniencia del Proyecto de inversión mediante la valoración en términos monetarios de los costos y beneficios asociados directa e indirectamente a la ejecución y operación del Proyecto de inversión, incluyendo externalidades, de acuerdo con los Lineamientos señalados.

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COMISIÓ
DE A

La descripción técnica de la infraestructura del Proyecto Sistema Batán se realiza a partir de sus principales procesos que se efectuarán para tratar, transportar y potabilizar el agua, mismos que se describen a continuación.

IV.1.1 Plantas de 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.

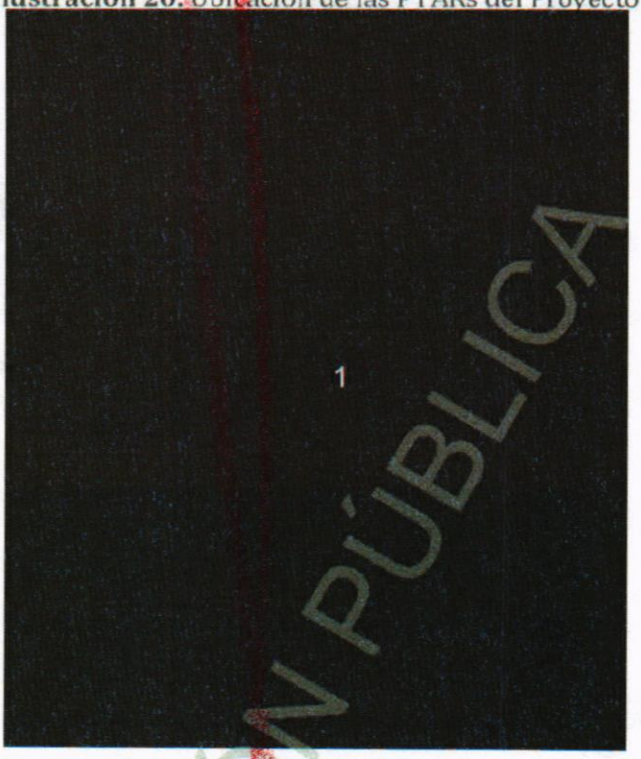
El objetivo de incremento de capacidad es:

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.

En cuanto a la tecnología se explica a continuación por cada planta de tratamiento.
La siguiente imagen permite la ubicación de las mismas.

SIN TEXTO

Ilustración 20. Ubicación de las PTARs del Proyecto



Fuente: Proyecto de Factibilidades PASAP ZMQ. Elaborados para la CEA QRO, 2023.

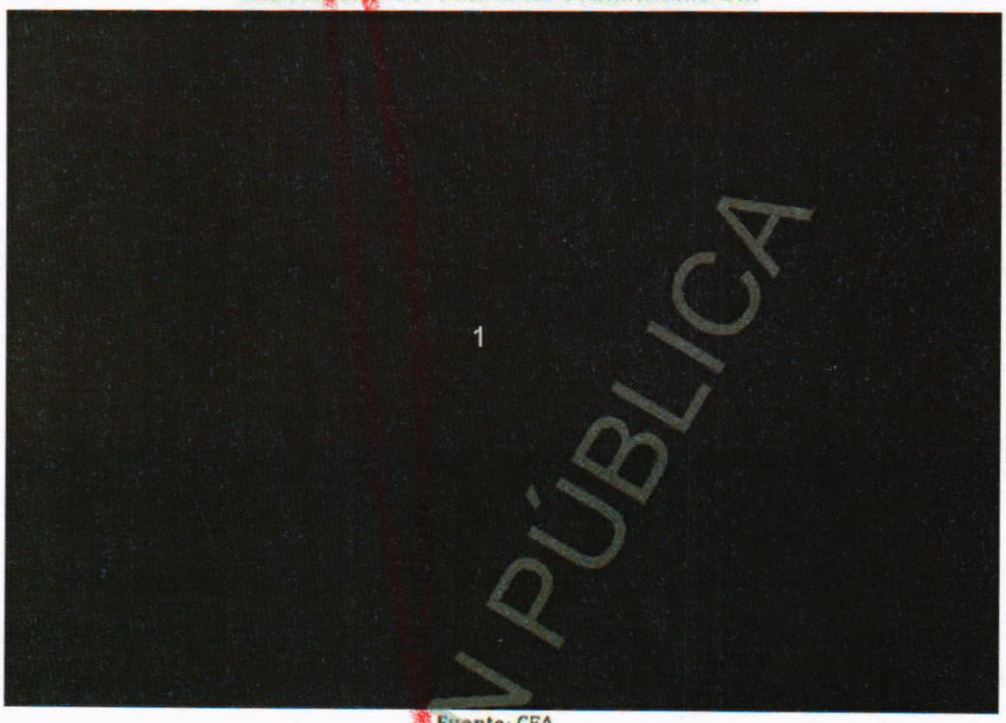
IV.1.2. PTAR Sur

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.

SIN TEXTO

112

Ilustración 21. Planta de Tratamiento Sur



Fuente: CEA.

El tren de tratamiento existente en la PTAR Sur 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

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN
DE AG

tratamiento anóxico-aerobio con reactores biológicos de membranas (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

SIN TEXTO

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.[4] 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

[4] (Stephenson et al. Membrane Bioreactors for Waste Treatment, IWA Publishing, 2000).

SIN TEXTO

acuerdo con la norma NOM-004-SEMARNAT-2002 que permita una adecuada disposición final.

Operaciones y Procesos Propuestos para el Tratamiento de Lodos

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 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 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

SIN TEXTO

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 este 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 sedimentador primario y los generados en el reactor biológico (separados por el sistema de membranas), se plantea el siguiente tren de tratamiento:

I. Espesamiento por gravedad.

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓN
DE AC

II. Digestión anaerobia, para estabilización y aprovechamiento energético.

III. Deshidratación, empleando filtros banda 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.

Cuadro 41. Clasificación de lodos bajo la NOM-004-SEMARNAT-2002

APROVECHAMIENTO DE BIOSOLIDOS		
TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
Excelente	A	• Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para 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	• Usos forestales • Mejoramientos de suelos • Usos agrícolas

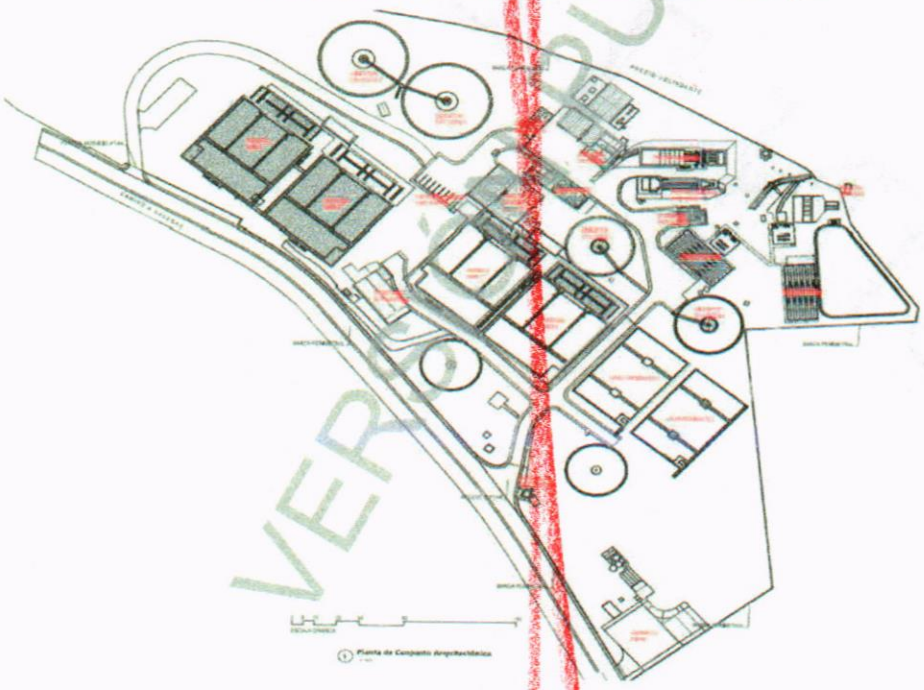
Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002.

SIN TEXTO

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 exprofeso para el Proyecto Sistema Batán.

Ilustración 22. Planta de Tratamiento de Agua



Fuente: : Elaboración propia a partir de información de la CEA.

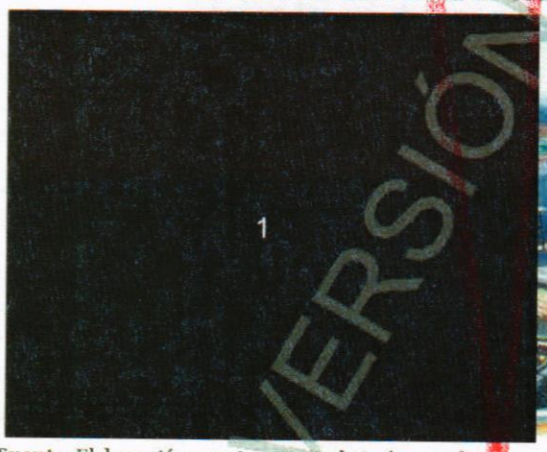
SIN TEXTO

IV.1.3. PTAR SPM

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 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.

Ilustración 23. Planta de Tratamiento San Pedro Mártir



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth 2024.

Fuente: Elaboración Propia Fotografía 2024.

Los principales procesos con los que cuenta 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

SIN TEXTO

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 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 puede 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 lo cual realiza una propuesta conceptual de alternativas de modificación en el tren de tratamiento actual de la PTAR SPM para incrementar el caudal de diseño de 750 L/s u operativo de 500 a 580 L/s, hasta 1,000 L/s con calidad para 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.

IV.1.4. PTAR Arroyo Hondo

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

SIN TEXTO

121

Ilustración 24. Ubicación Planta de Tratamiento Arroyo Hondo

[redacted]

Fuente: CEA.

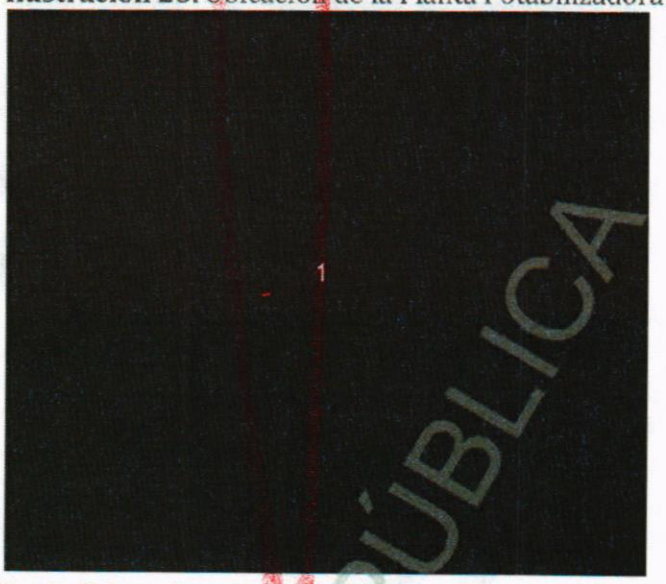
La descarga de las Aguas Tratadas de esta PTAR será a uno de los afluentes de la presa El Batán. La PTAR AH también cumplirá con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y la NOM-001-SEMARNAT-2021.

IV.1.5. Planta Potabilizadora

La Planta Potabilizadora se encontrará ubicada en [redacted] superficie que además de la propia planta albergaría 2 tanques de regulación, colocados uno a la entrada y otro a la salida de aproximadamente 30,000 m3 cada uno. Esta planta tendrá una amplia capacidad y utilizará tecnología de punta, con calidad óptima, contando con una capacidad nominal de 1,800 L/s.

SIN TEXTO

Ilustración 25. Ubicación de la Planta Potabilizadora



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth 2024.

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 será 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 20,000 m^3 y una casa de máquinas para bombear el agua potable hacia tres líneas de impulsión que conectarán con tres puntos del sistema de distribución de la ZMQ.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

IV.1.6. Líneas de Conducción

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

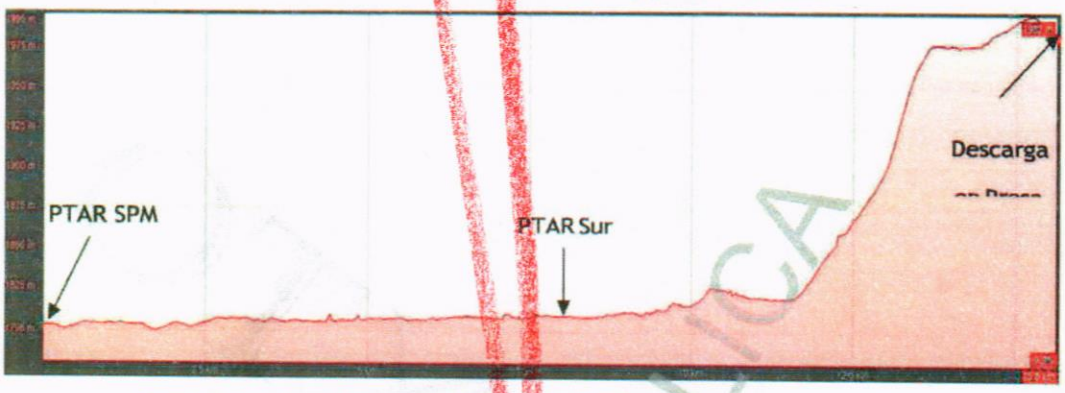
IV.1.6.a. Líneas de Conducción de Aguas Regeneradas

En concreto, las líneas de conducción de aguas regeneradas permitirán que el agua producida en las Estaciones Regeneradoras de Agua (ERAs) se conduzca al afluente que desembocará a la presa El Batán.

Las líneas de conducción que vienen de las ERAs 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.

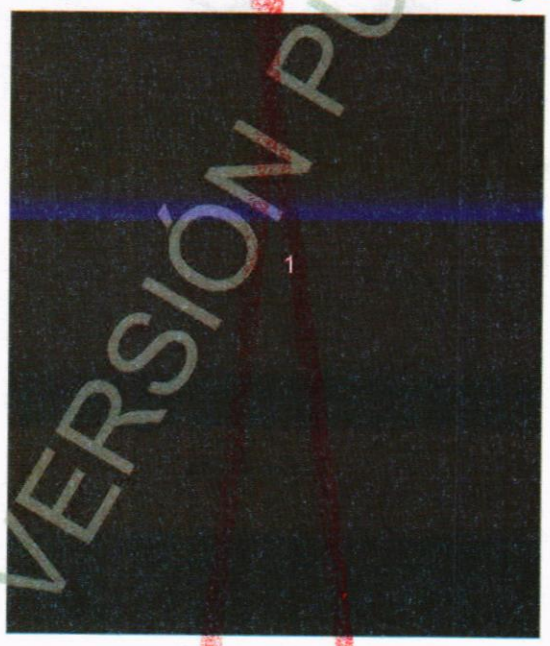
SIN TEXTO

Ilustración 26. Altitud PTARs y presa el Batán



Fuente: 3.DOC 3. _SIGNED_FINAL_EDITADO JEMR_FRL_INF_FINAL_PASAP_28NOV2023.

Ilustración 27. Esquema de Líneas de Conducción de Aguas Regeneradas



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth 2024.

Línea de agua regenerada	Diámetro	Longitud aproximada	Tramo
Línea 01 (Magenta)	36" ø	8 Km	I

SIN TEXTO

Línea 02 (Morado)	48" ø	10 Km	II

Fuente: Elaboración propia con información de la CEA.

IV.1.6.b. 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 divida 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.

Ilustración 28. Mapa de las Líneas de Impulsión de Agua Potable del Proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth 2024,

SIN TEXTO

Línea de agua potable	Diámetro	Longitud aproximada	Color
Línea de Impulsión 01	40" y 20" ø	5 Km + 3 Km Derivación	Azul
Línea de Impulsión 02	24" ø	4 km	Verde
Línea de Impulsión 03	36" ø	15 Km	Naranja

Fuente: Elaboración propia con información de la CEA.

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 años y que otorgue ventajas energéticas de operación con mínimo mantenimiento, así como un óptimo nivel de confiabilidad.

IV.1.7. Colectores y emisores

La rehabilitación e interconexión de los colectores 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.

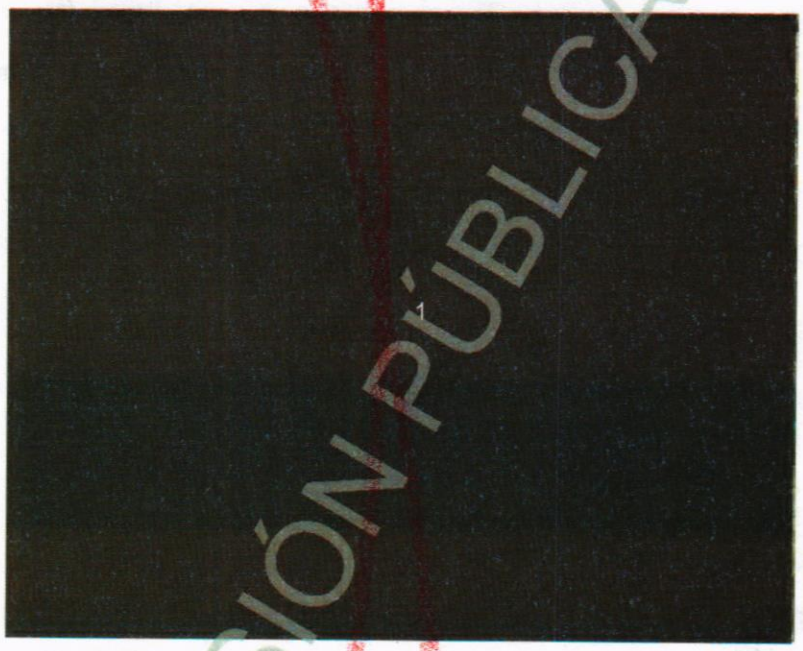
En el caso de la PTAR SPM y la PTAR Sur, se llevarán a cabo trabajos de rehabilitación e interconexión en aproximadamente 1 y 5 líneas de colectores y emisores respectivamente. La ejecución de estos trabajos mejorará la capacidad y eficiencia del sistema de recolección y transporte de aguas residuales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

SIN TEXTO

residuales. Esta incorporación de tratamiento garantizará la disponibilidad de un volumen adicional de tratamiento eficiente y de calidad adecuada para su incorporación al Sistema Batán.

Ilustración 29. Esquema de colectores para la PTAR-Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth 2024.

Cuadro 42. Longitudes aproximadas y Diámetros de colectores.

PTAR	Colector	Longitud aproximada	Diámetro
SPM	Verde	0.40 km	152 cm
Sur	Rojo	16.43 km	De 30 a 122 cm
AH	Naranja	9.53 km	De 30 a 61 cm

Fuente: Elaboración propia a partir de anteproyecto. 2024.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

IV.1.8. Sistema de Bombeo

Este Proyecto de agua requiere de 5 sistemas de bombeo, consistentes en lo siguiente:

a. 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.

b. 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.

c. 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.

d. 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.

e. Bombeo para entregar el agua de la planta potabilizadora al sistema de las líneas de impulsión o distribución que alimentarán al acuaférico.

IV.1.9. Tanques

Si bien en torno a las 2 plantas de tratamiento existentes en la ZMQ existen 2 tanques de almacenamiento, para que este Proyecto Sistema Batán sea viable técnicamente, se

SIN TEXTO

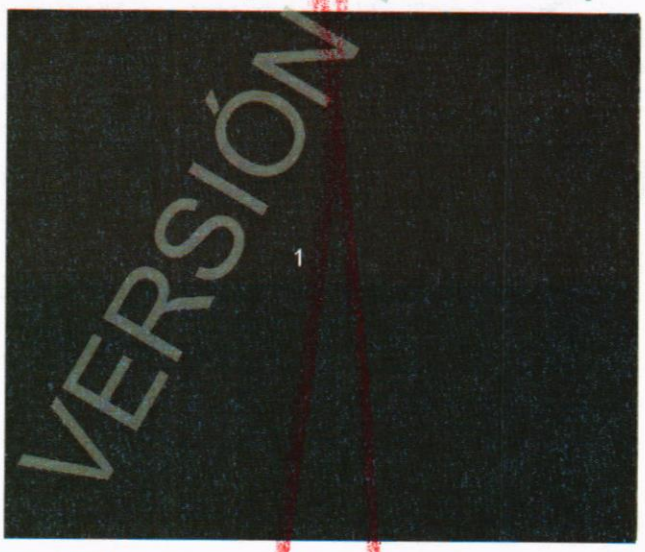
quiere ampliar la capacidad de almacenamiento en forma congruente con los nuevos caudales que se manejarán.

Cuadro 43. Tanques

Tanque	Ubicación	Función	Capacidad aproximada (m3)
1	PTAR SPM	Regulación de Influente	18,000
2	PTAR Sur	Regulación de efluente	14,000
3	Planta Potabilizadora	Regulación de Influente	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 a partir de anteproyecto. 2024.

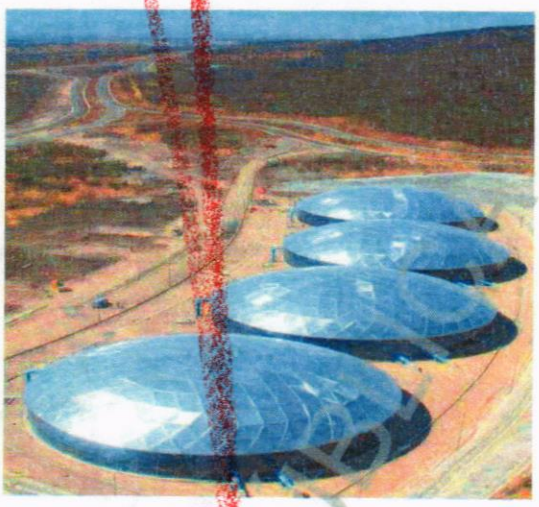
Ilustración 30 Esquema de Ubicación de Tanques



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de anteproyecto 2024.

SIN TEXTO

Ilustración 31. Tanques Vitrificados



Fuente: CEA.

IV.1.10. 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 cumplimento 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

SIN TEXTO

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 sistema.

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.

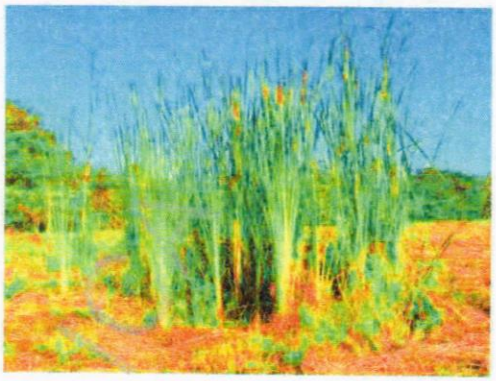
Las especies propuestas para la implementación son:

Las especies propuestas para la implementación son:

SIN TEXTO

Plantas Emergentes

- Typha domingensis (Tule)
- Eleocharis macrostachya (Tul)
- Eleocharis palustris (Tule de agua)
- Pontederia sagittata (Platanillo)
- Sagittaria latifolia (Bayoneta)
- Ludwigia peploides (Duraznillo de agua)



Título: *Typha domingensis*
Fuente: *Fern, K. (s.f.). Typha domingensis. En Useful Tropical Plants.*

Plantas Flotantes

- Lemna minor (Lenteja de agua)
- Azolla microphylla (Helecho lentejita)
- Ceratophyllum demersum (Mil hojas de agua)
- Heliconia psittacorum (Avecilla)

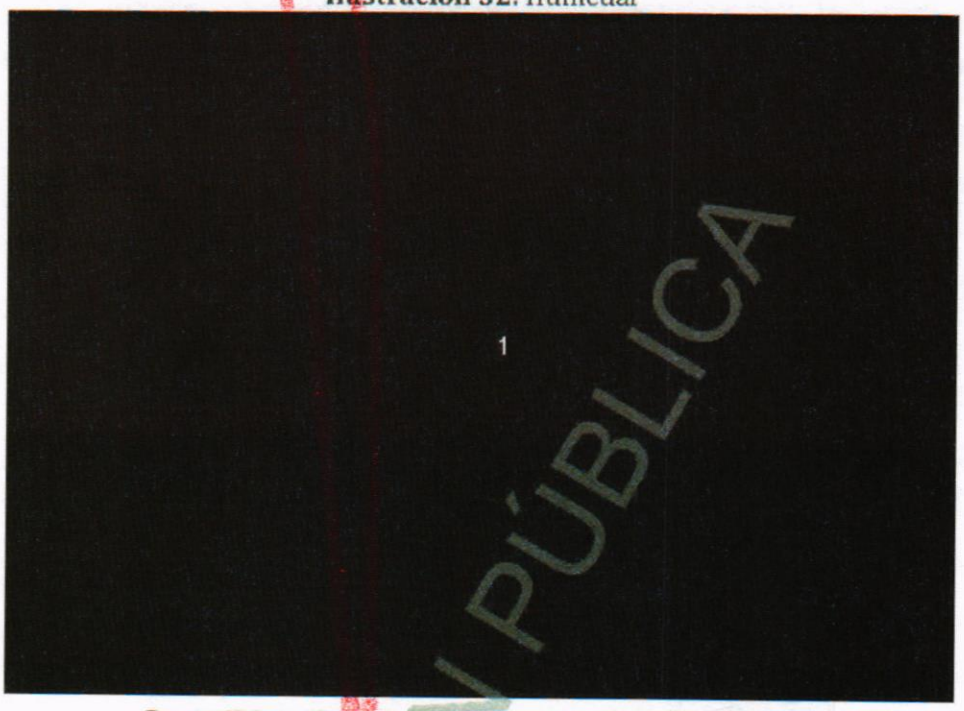
Título: *Lemna minor*
Fuente: *Álvarez, G., & González, M. (2004). El uso de la planta acuática Lemna minor en la remediación de aguas residuales. Revista de la Facultad de Ingeniería, 15(1), 53-64.*

Plantas Bioindicadoras de Contaminación

- Marathrum foeniculaceum
- Noveloa coulteriana
- Marathrum plumosum

SIN TEXTO

Ilustración 32. Humedal



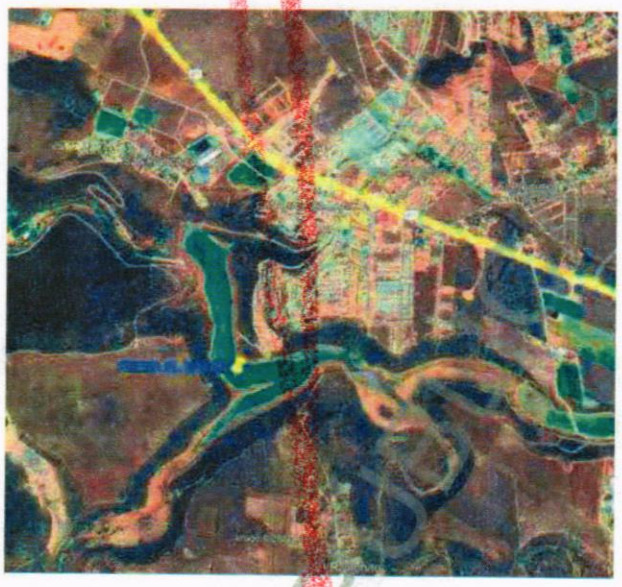
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth 2024.

IV.1.11. 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 m^3; 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).

SIN TEXTO

Ilustración 33. Ubicación de la presa El Batán



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth 2024.

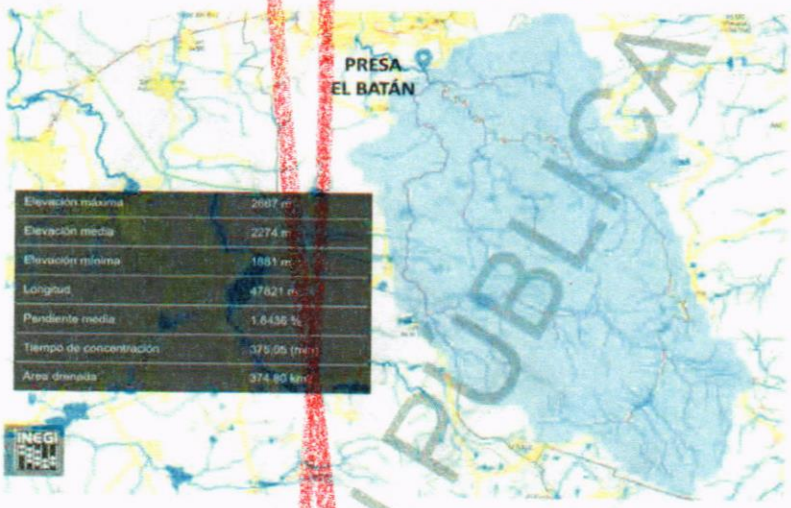
El Agua Regenerada de las PTAR SPM, PTAR Sur y PTAR AH se incorporará a un afluente del vaso de la presa El Batán. El agua del vaso podrá ser extraída y reutilizada como fuente de abastecimiento para uso potable al ser mezclada con agua del propio vaso. De esta manera, las obras contempladas en la presa son la implementación de una nueva obra de toma mediante un sistema de bombeo sobre plataforma flotante.

En promedio se incorporarán al vaso de la presa El Batán unos 155,520 m^2 por día. Las aguas procedentes del Sistema Batán tendrán un período promedio de retención o permanencia en el vaso de la presa El Batán de 60 a 180 días en función de la época del año de la que se trate (época de lluvias o época de estiaje) así como del escurrimiento natural que aporte la cuenca propia que capta el embalse referido. En promedio, las aportaciones mensuales significarán hasta 4.67 millones m^3 con un flujo establecido y controlado de entradas y salidas con base en las recomendaciones de retención de los

SIN TEXTO

volúmenes en el embalse de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos.

Ilustración 34. Presa El Batán



Fuente: Fuente: CEA

IV.2. Alineación Estratégica

El presente Proyecto de inversión 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:

Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

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

1. Gobernanza con justicia y participación ciudadana

SIN TEXTO

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

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COM IÓN
DE A

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.

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,

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓN
DE A

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.

Programa Nacional Hídrico (PNH) 2024-2030

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:

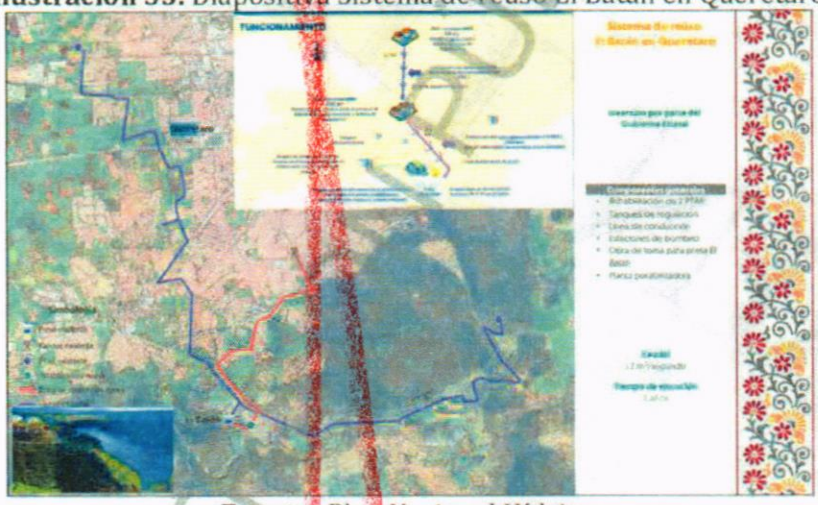
1. Plantas de tratamiento
2. Plantas potabilizadoras

SIN TEXTO

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 35. Diapositiva Sistema de reúso El Batán en Querétaro



Fuente: Plan Nacional Hídrico.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

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.

SIN TEXTO

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.

Plan Estatal de Desarrollo de Querétaro 2021-2027

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.

SIN TEXTO

- 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.

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

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMI ÓN
DE A

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

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

SIN TEXTO

de la aplicación de políticas de conservación de la biodiversidad local, la educación ambiental y la participación ciudadana.

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.

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

SIN TEXTO

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.

Plan Municipal de Desarrollo, Colón 2024-2027

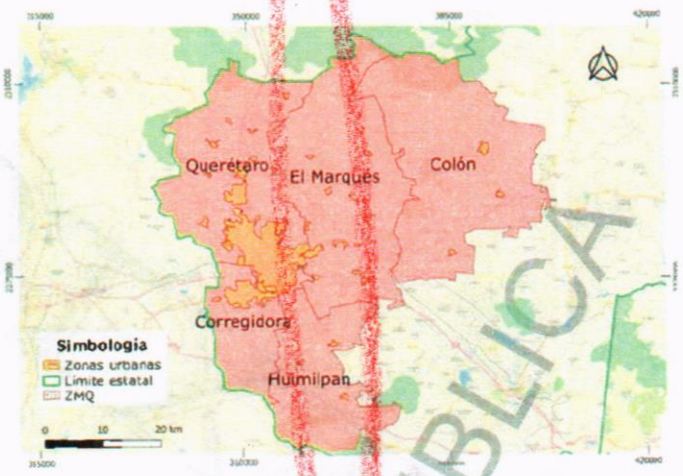
El Proyecto se alinea con el plan municipal en el eje rector 3. Desarrollo sostenible que establece en su objetivo 3.3 "realizar obras públicas de calidad con un enfoque de desarrollo sostenible", el cual a su vez converge con el 4. Medio ambiente e infraestructura sostenible, del plan estatal, cuando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

IV.3. Localización Geográfica

El Proyecto Sistema Batán se localiza en los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón; mismos que se consideran como la zona conurbada de Querétaro.

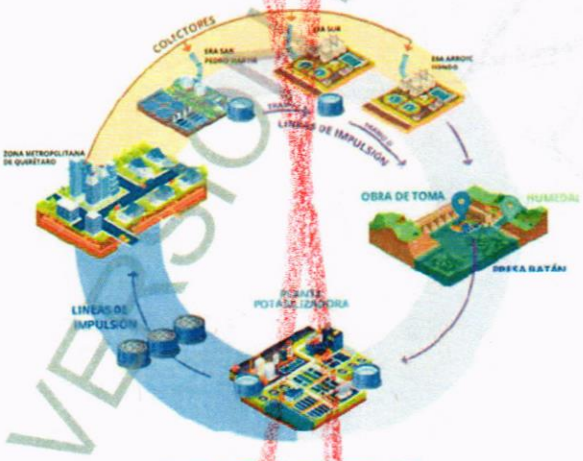
SIN TEXTO

Ilustración 36. Zona de estudio del Proyecto



Fuente: Estudio informe final proporcionado por la CEA de Querétaro

Ilustración 37. Ubicación de los principales componentes del Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 44. Ubicación de los componentes del Proyecto

Componente	Coordenadas geográficas
PTAR San Pedro Mártir	[redacted] 1
PTAR Sur	[redacted] 2

SIN TEXTO

146

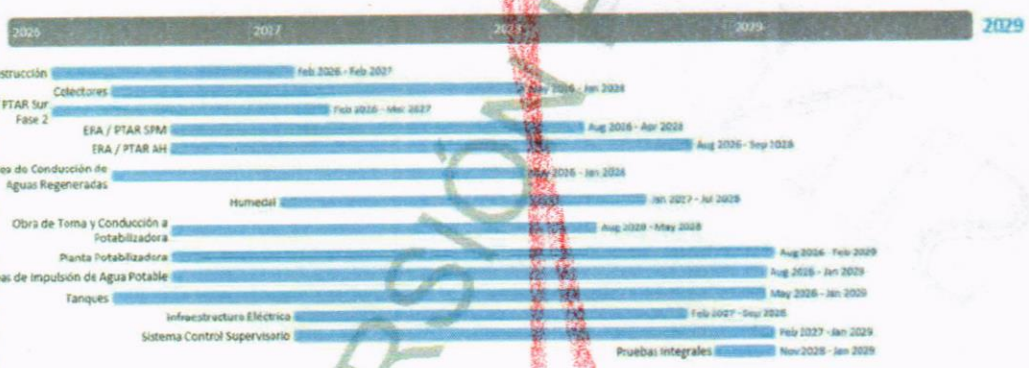
Componente	Coordenadas geográficas
PTAR AH	[redacted] (propuesta)
Planta Potabilizadora	[redacted] (propuesta)
Presa El Batán	20.49833 N, -100.40916 W

Fuente: Elaboración propia.

IV.4. Calendario de Actividades

Las principales actividades contempladas para la ejecución del Proyecto de inversión se contemplan para un periodo de 36 (3 años) distribuidos del 2026 a 2029, programadas de acuerdo con el siguiente calendario de actividades:

Cuadro 45. Calendario de Actividades



Fuente: Elaboración propia.

IV.5. Monto Total de Inversión

En el siguiente cuadro se presenta el monto total de inversión el cual asciende a $11,043,501,967.09 (Once mil cuarenta y tres millones quinientos un mil novecientos sesenta y siete pesos punto cero nueve centavos) incluyendo IVA; se desglosa para cada

SIN TEXTO

una de las actividades a ejecutar, se incluye la supervisión y los impuestos correspondientes.

Cuadro 46. Monto de Inversión

Presupuesto de Inversión	
Obra, Equipamiento e Instalaciones	Costo ($)
Preinversión	**1,057,334,198.75**
Estudios y proyectos ejecutivos	183,220,007.31
Gerencia de proyecto y supervisión	288,788,495.56
Tenencia de la tierra	512,534,275.94
Trámites, licencias y permisos	35,939,604.94
Escrituración	36,851,815.00
Colectores	**787,945,977.48**
Colectores a San Pedro Mártir	58,762,083.29
Colectores a Sur	495,596,512.64
Colectores a Arroyo Hondo	233,587,381.55
Estaciones Regeneradoras de Agua -ERAS	**2,149,405,931.03**
PTAR SPM	955,146,620.69
PTAR Sur etapa 1 (contraprestación)	538,793,103.45
PTAR Sur etapa 2	502,586,206.90
PTAR Arroyo Hondo etapa 1 (60 L/s)	88,200,000.00
PTAR Arroyo Hondo etapa 2 (60 L/s)	64,680,000.00
Líneas de Conducción de Aguas Regeneradas (Líneas Moradas)	**1,234,710,742.23**
Estación de bombeo San Pedro Mártir	119,379,073.45
Tramo 1 SPM-Sur 36" 8.14 km	314,144,136.36
Estación de bombeo Sur	152,291,123.61
Tramo 2 Sur-presa 48" 9.97 km	623,896,408.81
Estación de bombeo Arroyo Hondo	10,000,000.00
Tramo 3 Arroyo Hondo – presa	15,000,000.00
Humedal	**63,283,086.87**
Obra de Toma	**201,396,318.84**
Toma flotante	109,792,828.99
Estación de bombeo y cárcamo para cambio de régimen	91,603,489.85
Línea de impulsión presa - PPOT 48" 1.4 km	-

SIN TEXTO

Presupuesto de Inversión	
Obra, Equipamiento e Instalaciones	**Costo ($)**
Planta Potabilizadora	**1,981,789,418.60**
Planta Potabilizadora de 1800 L/s	1,981,789,418.60
Líneas de Impulsión de Agua Potable	**858,800,935.57**
Estación de bombeo a la salida de PPOT	290,197,059.52
Línea de impulsión 1 - PPOT 30" 5.5 km + Derivación 30" 2.8m	184,008,224.13
Línea de impulsión 2 - PPOT 24" 4.0 km	73,488,057.32
Línea de impulsión 3 - PPOT 36" 14.6 km	311,107,594.60
Tanques	**914,496,768.71**
Tanque de regulación de agua tratada PTAR SPM (18,000 m3)	112,783,362.87
Tanque de regulación de agua tratada PTAR SUR (14,000 m3)	85,611,268.27
Tanque de regulación de influente PPOT (30,000 m3)	155,423,359.09
Tanque de regulación de agua potable PPOT (30.000 m3)	203,707,229.47
Tanque de regulación de agua potable línea 1 - (30,000 m3)	208,416,915.82
Tanque de regulación de agua potable línea 2 - (6,000 m3)	47,199,140.16
Tanque de regulación de agua potable línea 3 - (12,000 m3)	101,355,493.03
Infraestructura eléctrica	**284,041,321.27**
Infraestructura eléctrica: Líneas de distribución en media tensión y subestaciones	284,041,321.27
Sistema de Control Supervisorio	**57,750,000.00**
Sistema de control supervisorio y automatización del Sistema Batán	57,750,000.00
Subtotal	9,590,954,699.35
IVA	1,452,547,267.74
Total	11,043,501,967.09

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El monto total del Cuadro 46 "Monto de Inversión" coincide con el monto del Modelo Financiero y del Análisis de Viabilidad Económica y Financiera, sin embargo, los montos de la Pre-Construcción y las Estaciones Regeneradoras de Agua no coinciden ya que el monto de la Contraprestación Única prevista en el Modelo Financiero y en el Contrato del APP se repercutió en esos dos conceptos para efectos del Análisis Costo y Beneficio.

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

IV.6. Fuentes de Financiamiento

El proyecto de inversión contempla una fuente de financiamiento, de acuerdo con el siguiente cuadro:

Cuadro 47. Fuentes de Financiamiento del Proyecto de Inversión

Fuente de los recursos	Monto con IVA	Porcentaje
1. Federales	-	-
2. Estatales	-	-
3. Municipales	-	-
4. Fideicomisos		-
5. Otros	11,043,501,967.09	100%
Total	11,043,501,967.09	100%

Fuente: Elaboración propia.

IV.7. Capacidad Instalada

El Proyecto de inversión contempla varios componentes con diferentes capacidades, sin embargo, la evolución de cada uno de ellos se mantiene igual a lo largo del horizonte de evaluación con la ejecución del Proyecto de inversión.

Cuadro 48. Capacidad Instalada del Proyecto

Componente	Capacidad
PTAR [redacted] 1	1,000 L/s
PTAR [redacted] 2	800 L/s
PTAR [redacted] 3	60 L/s
Planta [redacted] 4	1,800 L/s

Nota: Se tiene una merma de 60 L/s en el proceso de tratamiento a la potabilización

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

IV.8. Metas Anuales y Totales de Producción

La producción de agua renovada para su consumo en la ZMQ está dada por la capacidad de operación de 1,800 L/s de la planta potabilizadora que equivalen a 56,764,800 m^3/año, ajustable en años bisiestos con 366 días.

Cuadro 49. Metas anuales y totales de producción

Horizonte de evaluación	Año	Producción (m^3/año)
0	2026	0
1	2027	0
2	2028	0
3	2029	51,943,680
4	2030	56,764,800
5	2031	56,764,800
6	2032	56,920,320
7	2033	56,764,800
8	2034	56,764,800
9	2035	56,764,800
10	2036	56,920,320
11	2037	56,764,800
12	2038	56,764,800
13	2039	56,764,800
14	2040	56,920,320
15	2041	56,764,800
16	2042	56,764,800
17	2043	56,764,800
18	2044	56,920,320
19	2045	56,764,800
20	2046	56,764,800
21	2047	56,764,800

SIN TEXTO

Horizonte de evaluación	Año	Producción (m^3/año)
22	2048	56,920,320
23	2049	56,764,800
24	2050	56,764,800
25	2051	56,764,800
26	2052	56,920,320
27	2053	56,764,800
28	2054	56,764,800
29	2055	56,764,800

Fuente: Elaboración propia.

IV.9. Vida Útil

El horizonte de evaluación del Proyecto contempla 30 años, considerando inversión en 36 meses (3 años) distribuidos en 4 ejercicios fiscales del 2026 a 2029 y 27 años de operación (vida útil).

Cuadro 50. Vida útil

Concepto	Años
Inversión	36 meses (3 años) distribuidos en 4 ejercicios fiscales
Operación (vida útil)	27
Total	30

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

IV.10. Descripción de los Aspectos más Relevantes

IV.10.1 Estudios Técnicos

Con base en el análisis realizado en las plantas de tratamiento "Sur" y "San Pedro Mártir", se concluye que se cuenta con la tecnología para alcanzar los objetivos planteados, de producir con agua que tenga la calidad para su reutilización en una línea morada; el agua tratada en las plantas iguala o mejora la calidad del agua que se presenta en la presa el Batán, para ser reutilizada como fuente de abastecimiento para uso potable al ser mezclada con agua de la propia presa El Batán.

Se toman en cuenta aspectos que garantizan la confiabilidad del sistema, asegurando en todo momento que el agua que llegue al hogar de los queretanos cumpla con los parámetros de calidad para agua potable, ya que se incluye, en especial, la remoción de componentes que son dañinos a la salud aún no incluidos en la normatividad vigente.

Esto se logra con el óptimo desempeño de todo el sistema, desde la captación del agua residual en los colectores, su conducción a las plantas de tratamiento, el correcto funcionamiento en las plantas de tratamiento incluyendo un pulimiento, su conducción hasta el humedal y su paso a través de este, hasta finalmente mezclarse con el agua de la presa el Batán antes de ingresar a la planta potabilizadora, donde se concluirá el ciclo en la distribución y consumo en los hogares, donde nuevamente se generará el agua residual que llegará a los colectores e iniciar nuevamente el ciclo en el punto de partida. Aspectos para considerar:

1) Realización de una campaña de muestreo y caracterización de todos los colectores que llegarán a cada una de las Plantas de tratamiento, de manera de contar con el aforo de caudales y realizar los balances correspondientes a

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN

cada PTAR con la finalidad de tener los elementos necesarios para dimensionar adecuadamente las operaciones y procesos a llevar a cabo en cada una de las PTAR.

2) Mediante la campaña de muestreo se identificarán los colectores en los que se estén vertiendo aguas que sean un riesgo para la población por sus características de peligrosidad e identificar a los generadores, de manera que se aplicarán tratamientos puntuales a estos efluentes.

3) Se realizarán pruebas de tratabilidad tanto para las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como para la potabilizadora que recibirá el agua resultante de la mezcla de los efluentes de las PTAR con el agua de la presa el Batán.

4) Se incluye un sistema de monitoreo en tiempo real de la calidad del agua, desde el ingreso a las PTAR hasta la salida de la planta potabilizadora considerando también puntos de distribución, de manera que asociado a este monitoreo se tenga un sistema de control de válvulas que permita limitar o cerrar el ingreso o salida de agua en diversos puntos del sistema para garantizar que el agua que se entregue a la población cumpla en todo momento con la calidad esperada.

5) Otro de los aspectos fundamentales son los tanques de regulación que se requieren en las plantas de tratamiento de agua residual, ya que estos elementos permiten un funcionamiento óptimo de las operaciones y procesos para alcanzar los objetivos de calidad en estas plantas.

6) Con relación al punto anterior, en la planta Sur, se considera un tanque para la mezcla de los efluentes tanto de la PTAR Sur, como de la PTAR SPM, de tal manera que el agua resultante de la mezcla sea conducida desde este punto hasta la entrada al humedal mediante una tubería de vertedores circulares que tendrá una longitud aproximada de 1,100 m, mediante la cual el agua

SIN TEXTO

tratada en las PTAR ingrese con un flujo laminar al humedal y favorezca su buen funcionamiento.

7) Las plantas garantizarán la remoción de nutrientes, de tal manera que se eviten los posibles problemas de eutroficación, sin embargo, los análisis de calidad realizados indican que hay una deficiencia de nitratos en la presa, por lo que el aportar nitratos puede favorecer el equilibrio del ecosistema acuático de la presa, por lo que se realizará un estudio de la calidad el agua en la presa que considere bioindicadores para evaluar la salud del cuerpo de agua.

Por lo anterior la CEA manifiesta que el Proyecto Sistema Batán es técnicamente factible.

IV.10.2 Estudios Legales

La factibilidad jurídica tiene como propósito fundamental determinar si es viable, conforme a las disposiciones legales aplicables, mejorar el nivel de tratamiento de aguas residuales en las plantas de tratamiento de aguas residuales Sur y San Pedro Mártir ubicadas en la ZMQ, para ser posteriormente conducidas mediante bombeo al vaso de la presa El Batán, para su posterior potabilización y ser aprovechadas en el abastecimiento de agua para consumo humano y para el desarrollo urbano – industrial de la ZMQ.

Lo primero de tomar en cuenta es contar con título vigente de concesión o de asignación para uso público urbano, expedido por la CONAGUA.

Acorde a la Ley de Aguas Nacionales, así como a la NOM-001-SEMARNAT-2021 (Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales

SIN TEXTO

en cuerpos receptores propiedad de la nación), las aguas residuales que traten las Plantas de Tratamiento Sur, así como la de San Pedro Mártir, se debe tramitar y obtener de la CONAGUA los permisos correspondientes para una vez tratadas dichas aguas residuales y conducidas por bombeo, verterlas como destino final a la presa El Batan.

Se deberá requerir la Concesión de ocupación de Zona Federal, en virtud de que se instalará en los cauces y zonas federales la tubería con la que se realizarán las descargas de aguas residuales. No se identificó impedimento legal para para otorgar dicha Concesión.

Igualmente se requiere concesión de ocupación de Zona Federal, (1) per se, (2) para el Humedal que se va a desarrollar y (3) para la Planta Potabilizadora (que estará alojada en zona federal).

Se requiere obtener de la CONAGUA la Concesión o Asignación para usar, explotar o aprovechar aguas nacionales, en el caso que nos ocupa de la presa El Batán.

Una vez hecho lo anterior se debe realizar el proceso de potabilización de dichas aguas en la Planta correspondiente de última tecnología que se instalará en el vaso de la presa El Batán y la cual debe cumplir con lo que establece principalmente la NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

Las aguas en Planta ex profeso de última tecnología, ubicada en la ribera nororiente del vaso de la presa El Batán cumplirá la NOM-127-SSA1-2021, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de la calidad del agua en sus numerales 1.3, 3.1 y 3.2.

Si bien la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua, establece en su campo de aplicación

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓN
DE AC

1.3 que no es aplicable para aguas residuales tratadas, la exclusión comprende los casos en que se pretenda destinar dichas aguas para incorporarlas a las redes de distribución de los sistemas de suministro de aguas destinadas al uso y consumo humano.

En tales condiciones, la exclusión ya señalada no aplica en el caso de que las aguas residuales provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se descargan en un cuerpo receptor, cualquiera que éste fuera, en los términos que lo define el Art. 3°, fracción XVII, de la Ley de Aguas Nacionales.

Sobre este particular hay que tomar en cuenta, por otro lado, que dichas aguas residuales, si bien son provenientes de las aguas nacionales otorgadas en asignación a la CEA y por ende su uso, explotación o aprovechamiento queda reservado a dicha entidad descentralizada del gobierno del Estado de Querétaro, las mismas adoptarían, ipso facto, el carácter de aguas nacionales, una vez que se descarguen en algún cuerpo receptor de propiedad nacional, independientemente de que hayan sido objeto de tratamiento, según lo dispone el Artículo 16 de la LAN y, por ende, su ulterior uso queda condicionado al otorgamiento de un nuevo título de asignación, es decir, sujeto al cumplimiento de los requisitos que la propia LAN establece para el otorgamiento de dichos títulos.

Otro aspecto para considerar es el relativo al permiso de descarga vinculado al título de asignación que dotó de un volumen de agua a la CEA y que es objeto del tratamiento, cuya descarga evidentemente habrá de ser referenciada geográficamente a un punto distinto al que aparece autorizado en el permiso ya señalado, satisfaciendo los requisitos establecidos en la LAN mediante el otorgamiento de un nuevo permiso.

Finalmente, se cumplirá con potabilizar las aguas que se extraigan mediante planta potabilizadora de última tecnología para que esas aguas sean aptas para consumo

SIN TEXTO

humano bajo los más altos estándares, superando incluso lo que establece la NOM-127-SSA1-2021.

Igualmente se requiere concesión de ocupación de Zona Federal, en virtud de que la planta potabilizadora se instalará en el vaso de la presa El Batán.

Por lo anterior, se llevó a cabo el **"Convenio de Coordinación que celebran la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Comisión Nacional del Agua, y el Estado de Querétaro, con el objeto de establecer acciones para incrementar el abastecimiento de agua para uso público urbano en beneficio de la entidad"**, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 20 de marzo de 2024.

El citado Convenio tiene por objeto establecer acciones para incrementar el abastecimiento de agua para uso público urbano en beneficio del estado de Querétaro. Dentro de las acciones establecidas en el Convenio se contemplan:

"3. Previa solicitud de "EL ESTADO", proporcionar la información relativa a los títulos de concesión o asignación para explotar, usar o aprovechar aguas nacionales (superficiales y subterráneas) expedidos a su favor, o de la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro, que a la fecha del presente instrumento tenga vigentes.

4. Emitir a favor de "EL ESTADO" un título de asignación de aguas de la presa El Batán, previo cumplimiento de la normatividad aplicable y atendiendo a la disponibilidad del agua.

SIN TEXTO

GOBIERNO DE ESTA
COMISIÓN
DE AG

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

5. Previo cumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales, su reglamento y demás normatividad aplicable, otorgar los permisos y concesiones o asignaciones que "EL ESTADO" solicite a fin de llevar a cabo las acciones previstas en el presente instrumento."
Por otra parte, no se requiere de ningún permiso, dado que las empresas del sector privado operarán las PTAR Sur, San Pedro Mártir y Arroyo Hondo, bajo concesión y vigilancia de la CEA.

Por otra parte, no se requiere de ningún permiso, dado que las empresas del sector privado operarán las PTAR Sur, San Pedro Mártir y Arroyo Hondo, bajo concesión y vigilancia de la CEA.

La CEA otorgará concesión o contrato a la(s) empresa(s), con base en el artículo 127 de la Ley que regula la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del Estado de Querétaro. Dicha Ley establece el proceso para otorgar uno u otro, si se cumplen los requisitos de Ley.

Quien opere cualquiera de esas dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, deberá cumplir principalmente con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

El Gobierno de Querétaro y la CEA QRO, tomarán las provisiones necesarias para que de manera temprana y decisiva destinen recursos y tiempo de calidad para atender en tiempo y forma, con todo rigor y solvencia, los temas jurídicos que son inherentes al Proyecto Sistema Batán tanto en su fase de desarrollo, así como en la fase de convocatoria, licitación y adjudicación de contratos o de instrumentos vinculantes que permitan la ejecución adecuada y sin contratiempo de las obras, equipamiento e instalaciones del Proyecto Sistema Batán, así como blindar en forma robusta la fase de operación y mantenimiento para anticipar y resolver contratiempos que ocurran en los planos político, social, ambiental e hídrico.

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMI ÓN
DE A

Igualmente, la CEA del estado de Querétaro manifiesta que la potabilización de las aguas de la presa El Batán, previo el otorgamiento de la concesión o asignación correspondiente, para el abastecimiento de agua para consumo humano y para el desarrollo urbano – industrial de la propia zona en comento es jurídicamente factible.

IV.10.3 Estudios Ambientales

La rehabilitación y mejoramiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Sur y San Pedro Mártir, así como el uso de la presa como cuerpo receptor de aguas regeneradas y su posterior potabilización son factibles de realizarse debido a que ambientalmente:

- Se utilizará la infraestructura existente dentro de los mismos terrenos. De acuerdo con la normatividad ambiental, las ampliaciones, modificaciones, sustituciones de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones de la planta de tratamiento, no requirieren de la autorización en materia de impacto ambiental. Sin embargo, integrando todo el Proyecto, será necesario realizar el estudio de evaluación del impacto ambiental y la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental.

- Las modificaciones de la planta de tratamiento Sur y San Pedro Mártir, podrán solucionar la problemática de generación de aguas contaminadas, de primera y de forma conjunta producirán una calidad de excelente que aumentará la disponibilidad de agua para la población una vez potabilizada.

- Entre los beneficios ambientales del Proyecto se encuentran la disminución de

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN

la presión sobre los acuíferos de la zona que se hallan sobre explotados.

- Además, se obtendrán beneficios en el saneamiento de la cuenca de aportación de agua residuales, que serán captadas y conducidas para su tratamiento y regeneración para el uso potable indirecto. En paralelo se disminuyen las enfermedades potenciales del vertimiento de agua residual tóxico en canales abiertos, que finalmente afectan cuerpos de agua nacionales, tal como el río Querétaro.

- Las acciones por realizar no implican un incremento en el nivel de impacto o riesgo ambiental, en virtud de su misma ubicación, dimensiones y características básicas.

- Se evaluará el impacto positivo y negativo de la introducción de aguas residuales regeneradas a la presa Batán, así como por la construcción de la planta potabilizadora.

- Se avisará a la SEMARNAT, previamente a la realización de dichas acciones y hacer la consulta sobre la elaboración del estudio de evaluación del impacto ambiental y la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente.

- Para efectos de lo anterior, se enterará oficialmente a la SEMARNAT de las acciones a realizar para que ésta, dentro del plazo de diez días, determine si es necesaria la presentación y de qué tipo debe de ser la nueva manifestación de impacto ambiental.

SIN TEXTO

- Se deberá contar para este trámite con la descripción detallada de las obras y actividades que se pretendan realizar que correspondan a ampliaciones, modificaciones, sustitución de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones.

Se concluye que el Proyecto es factible ambientalmente por lo siguiente:

1. Se aprovechará la infraestructura existente, dentro de los terrenos de las mismas plantas.

2. La rehabilitación o mejora de las PTAR traerá beneficios inmediatos como el control de olores y el saneamiento de drenes que serán encausados para su tratamiento.

3. Se aplicará la tecnología de tratamiento que producirá agua de excelente calidad, muy superior a la NOM-001-SEMARNAT- 2021 y apegada a los lineamientos de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos para el uso como fuente de abastecimiento.

4. Todo el sistema se enfocará bajo criterios de protección a la salud y protección al medio ambiente.

5. Los sistemas de monitoreo permanente podrán anticipar cualquier riesgo de falla y contará con un sistema de alerta-respuesta para su atención.

6. A diferencia de otras aplicaciones, en la reutilización potable es que los estándares no sólo se centran en la calidad del agua residual y la calidad del agua potable, sino también en cómo producir agua potable de manera segura y confiable y minimizar el riesgo para la salud.

SIN TEXTO

7. Se incluirán precauciones adicionales para protección a la salud pública incluyendo:

- Barreras múltiples e independientes para eliminar y o transformar contaminantes microbiológicos y químicos;
- Tecnologías avanzadas que abordan un espectro más amplio variedad de contaminantes con mayor confiabilidad;
- Un plan operativo con efectividad para establecer medidas y barreras de contención de contaminantes;
- Un programa de seguimiento adaptado a las barreras específicas y condiciones locales con sistemas apropiados para responder a posibles fallos del sistema.
- La elaboración de un estudio de Impacto Ambiental que identifique los posibles impactos y sus medidas de mitigación y su compensación.

IV.10.4 Estudios de Mercado

La ciudad de Querétaro desde hace varios años experimenta un crecimiento demográfico notable cuya tasa ha ido aumentando gradualmente y en consecuencia las necesidades de la población y del desarrollo urbano-industrial en materia de agua representan un desafío que debe atenderse con solvencia, oportunidad y costos razonables.

Los estudios existentes señalan que las fuentes actuales de suministro serán insuficientes para hacerle frente a esas necesidades. Por tales motivos, el gobierno de Querétaro ha estudiado diversas alternativas para aprovechar fuentes de aguas claras adicionales de suministro, tanto en materia de caudales provenientes de sitios relativamente alejados, así como explorar las posibilidades de utilizar fuentes locales y

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL E
COMISIÓ
DE A

reutilizar las aguas residuales tratadas o aguas renovadas, incluso hasta el nivel de ser potabilizadas.

IV.10.5 Estudios Específicos

IV.10.5.a Factibilidad Social

La evaluación de impacto social del Proyecto identificó que existe un entorno propicio para la aceptación y su implementación exitosa, sin embargo, es necesario el establecimiento de mecanismos que fomenten la generación de alianzas y una cooperación constante con actores clave de la región para socializar los impactos sociales y económicos relacionados con el aseguramiento del suministro de agua en los próximos años en la zona de influencia. Los programas y estrategias dirigidos a la educación, comunicación y participación ciudadana relacionados con el Proyecto deben ser implementados de manera preventiva, es decir, antes del inicio de las obras que puedan tener impacto en la sociedad, para socializar los beneficios del Proyecto, los cuales superan los impactos negativos en torno al proceso de tratamiento de aguas que considera el Proyecto. Además, es necesario implementar mecanismos de transparencia respecto a la calidad del agua suministrada a lo largo de la construcción y operación del Proyecto para contribuir a su aceptación en la sociedad.

IV.11. Análisis de la Oferta en Situación con Proyecto

La oferta de agua en Situación Con Proyecto se mantiene igual que la de Situación Sin Proyecto para los tres primeros años del horizonte de evaluación 2026, 2027 y 2028 debido a que en este periodo las obras y acciones de proyecto se encuentran en etapa de ejecución, es decir la oferta de agua es de 4,348 L/s en fuente para los tres años y de 2,348.1 L/s, 2,391.6 L/s y 2,435.0 L/s en tomas para los mismos años en el mismo

SIN TEXTO

orden. Es a partir de 2029 que el Proyecto entra a la etapa de operación, la oferta de agua alcanza un gasto de 6,148 L/s en fuentes y de 3,443.0 L/s en tomas, producto de la implementación del Proyecto que incrementará la oferta en 1,800 L/s, gastos que se mantienen durante el resto de la etapa de operación que para estos análisis de consideró de 27 años. Esta información se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 51. Oferta de Agua Potable en Situación Con Proyecto en el Horizonte de Análisis

Año	Oferta en Fuente		Oferta en Toma	
	l/s	m³ al año	l/ s	m³ al año
2026	4,348.3	137,127,270.0	2,348.1	74,048,725.8
2027	4,348.3	137,127,270.0	2,391.6	75,419,998.5
2028	4,348.3	137,127,270.0	2,435.0	76,791,271.2
2029	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2030	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2031	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2032	6,148.3	194,423,281.2	3,497.0	110,282,503.2
2033	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2034	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2035	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2036	6,148.3	194,423,281.2	3,497.0	110,282,503.2
2037	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2038	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2039	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2040	6,148.3	194,423,281.2	3,497.0	110,282,503.2
2041	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2

SIN TEXTO

Año	Oferta en Fuente		Oferta en Toma	
	l/s	m³ al año	l/ s	m³ al año
2042	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2043	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2044	6,148.3	194,423,281.2	3,497.0	110,282,503.2
2045	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2046	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2047	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2048	6,148.3	194,423,281.2	3,497.0	110,282,503.2
2049	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2050	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2051	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2052	6,148.3	194,423,281.2	3,497.0	110,282,503.2
2053	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2054	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2
2055	6,148.3	193,892,070.0	3,497.0	110,282,503.2

Fuente: Elaboración propia.

IV.12. Análisis de la Demanda en Situación con Proyecto

La demanda de agua en unidades servidas para la Situación Con Proyecto se mantiene igual a la de Situación Sin Proyecto, es decir, se estimó en 2,522.6 L/s para el año de inicio del horizonte de análisis, 2026 y 3,558.9 L/s para el año 2055 final del periodo de análisis; a continuación, se presenta la proyección en el horizonte de evaluación para cada tipo de consumo:

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 52. Proyección de la Demanda en Tomas Situación Con Proyecto (L/s)

Tipo de consumo / Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Demanda Total
2026	2056.0	224.8	36.3	108.2	19.6	1.5	76.2	**2,522.6**
2027	2077.2	230.8	37.3	111.1	20.1	1.5	78.2	**2,556.3**
2028	2099.6	237.0	38.3	114.1	20.6	1.6	80.3	**2,591.5**
2029	2121.8	243.2	39.3	117.1	21.2	1.6	82.4	**2,626.6**
2030	2143.8	249.6	40.3	120.1	21.7	1.7	84.5	**2,661.8**
2031	2165.5	256.0	41.4	123.3	22.3	1.7	86.7	**2,696.9**
2032	2187.0	262.6	42.4	126.4	22.8	1.8	89.0	**2,732.1**
2033	2208.3	269.3	43.5	129.6	23.4	1.8	91.2	**2,767.2**
2034	2229.3	276.1	44.6	132.9	24.0	1.9	93.5	**2,802.3**
2035	2250.1	283.0	45.7	136.2	24.6	1.9	95.9	**2,837.4**
2036	2270.5	290.0	46.9	139.6	25.2	1.9	98.2	**2,872.5**
2037	2290.7	297.1	48.0	143.1	25.9	2.0	100.7	**2,907.4**
2038	2310.6	304.4	49.2	146.5	26.5	2.0	103.1	**2,942.4**
2039	2330.2	311.7	50.4	150.1	27.1	2.1	105.6	**2,977.2**
2040	2349.5	319.2	51.6	153.7	27.8	2.1	108.1	**3,012.0**
2041	2368.5	326.8	52.8	157.3	28.4	2.2	110.7	**3,046.7**
2042	2387.2	334.4	54.0	161.0	29.1	2.2	113.3	**3,081.3**
2043	2405.5	342.2	55.3	164.8	29.8	2.3	115.9	**3,115.8**
2044	2423.5	350.2	56.6	168.6	30.5	2.4	118.6	**3,150.3**
2045	2441.2	358.2	57.9	172.4	31.2	2.4	121.3	**3,184.6**
2046	2458.5	366.3	59.2	176.3	31.9	2.5	124.1	**3,218.8**
2047	2475.5	374.5	60.5	180.3	32.6	2.5	126.9	**3,252.9**
2048	2492.2	382.9	61.9	184.3	33.3	2.6	129.7	**3,286.8**

SIN TEXTO

Tipo de consumo / Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Demanda Total
2049	2508.5	391.3	63.2	188.4	34.0	2.6	132.6	**3,320.7**
2050	2524.4	399.9	64.6	192.5	34.8	2.7	135.5	**3,354.4**
2051	2540.0	408.6	66.0	196.7	35.6	2.7	138.4	**3,388.0**
2052	2555.2	417.4	67.4	200.9	36.3	2.8	141.4	**3,421.5**
2053	2570.1	426.3	68.9	205.2	37.1	2.9	144.4	**3,454.8**
2054	2584.5	435.3	70.3	209.6	37.9	2.9	147.5	**3,488.0**
2055	2636.5	444.4	71.8	214.0	38.7	3.0	150.6	**3,558.9**

Fuente: Elaboración propia.

IV.13. Interacción de la Oferta – Demanda en Situación con Proyecto

Con la implementación del Proyecto y puesta en operación, la oferta en tomas y fuentes en Situación Con Proyecto se incrementa; la demanda por su parte se mantiene igual a la de Situación Sin Proyecto, es decir, mantiene el mismo comportamiento a lo largo del horizonte de evaluación. Con la información del cuadro que se muestra líneas abajo, se concluye que, con la ejecución del Proyecto, si bien no se logra superar el déficit de agua que sufre la ZMQ si mejora sustancialmente el servicio, por ejemplo, para 2029, (año en que entra en operación el Proyecto) en Situación Sin Proyecto se presenta un déficit de -191.6 L/s y -342.1 L/s en tomas y fuentes respectivamente, mientras que en Situación Con Proyecto se observan superávits de 870 L/s y 1457.9 L/s en el mismo orden. Hacia el año 2055 término del horizonte de evaluación, se presentan déficits de -1,123.8 L/s en tomas y -2,006.9 L/s a nivel fuentes en Situación Sin Proyecto, en tanto que para la Situación Con Proyecto se presentan déficit de -62 L/s y -207 L/s respectivamente.

SIN TEXTO

168

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 53. Interacción Oferta-Demanda de agua ZMQ en horizonte de evaluación

Situación Con Proyecto

Año	En Tomas			En Fuentes		
	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)
2026	2,348.1	2,522.6	-174.5	4,348.3	4,671.4	-323.2
2027	2,391.6	2,556.3	-164.8	4,348.3	4,647.9	-299.6
2028	2,435.0	2,591.5	-156.4	4,348.3	4,627.6	-279.3
2029	3,497.0	2,626.6	870.4	6,148.3	4,690.3	1,457.9
2030	3,497.0	2,661.8	835.3	6,148.3	4,753.1	1,395.2
2031	3,497.0	2,696.9	800.1	6,148.3	4,815.9	1,332.4
2032	3,497.0	2,732.1	765.0	6,148.3	4,878.7	1,269.6
2033	3,497.0	2,767.2	729.8	6,148.3	4,941.5	1,206.8
2034	3,497.0	2,802.3	694.7	6,148.3	5,004.2	1,144.1
2035	3,497.0	2,837.4	659.6	6,148.3	5,066.8	1,081.4
2036	3,497.0	2,872.5	624.6	6,148.3	5,129.4	1,018.9
2037	3,497.0	2,907.4	589.6	6,148.3	5,191.9	956.4
2038	3,497.0	2,942.4	554.7	6,148.3	5,254.2	894.0
2039	3,497.0	2,977.2	519.8	6,148.3	5,316.5	831.8
2040	3,497.0	3,012.0	485.0	6,148.3	5,378.6	769.7
2041	3,497.0	3,046.7	450.3	6,148.3	5,440.6	707.7
2042	3,497.0	3,081.3	415.7	6,148.3	5,502.4	645.9
2043	3,497.0	3,115.8	381.2	6,148.3	5,564.0	584.3
2044	3,497.0	3,150.3	346.8	6,148.3	5,625.5	522.8
2045	3,497.0	3,184.6	312.5	6,148.3	5,686.7	461.5
2046	3,497.0	3,218.8	278.3	6,148.3	5,747.8	400.5
2047	3,497.0	3,252.9	244.2	6,148.3	5,808.7	339.6

SIN TEXTO

Año	En Tomas			En Fuentes		
	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Déficit/Superávit (l/s)
2048	3,497.0	3,286.8	210.2	6,148.3	5,869.3	278.9
2049	3,497.0	3,320.7	176.4	6,148.3	5,929.8	218.5
2050	3,497.0	3,354.4	142.6	6,148.3	5,990.0	158.3
2051	3,497.0	3,388.0	109.0	6,148.3	6,050.0	98.3
2052	3,497.0	3,421.5	75.6	6,148.3	6,109.8	38.5
2053	3,497.0	3,454.8	42.2	6,148.3	6,169.3	-21.0
2054	3,497.0	3,488.0	9.0	6,148.3	6,228.6	-80.3
2055	3,497.0	3,558.9	-61.8	6,148.3	6,355.1	-206.9

Fuente: Elaboración propia.

V. EVALUACIÓN DEL PPI

Para realizar la evaluación socioeconómica del presente "Proyecto Sistema Batán", es necesario identificar, cuantificar y valorar todos los costos y beneficios que serían internalizados por la sociedad en su conjunto, como consecuencia de la ejecución de las obras consideradas para el incremento de la oferta de agua potable en los 5 municipios de la ZMQ que se abastecen de las mismas fuentes, atendida por la CEAQ. Los beneficios y costos sociales atribuibles al Proyecto resultan de comparar las situaciones sin y con Proyecto.

V.1. Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Se identificaron los siguientes costos inherentes a la ejecución y puesta en marcha del Proyecto:

SIN TEXTO

- Costos de inversión para la construcción/ampliación de la infraestructura.
  Los costos de inversión para la construcción y adecuación de la infraestructura se obtuvieron del anteproyecto de obra, complementado con estudios técnicos sobre las características topográficas, hidrológicas y geológicas, cotizaciones de empresas especializadas en el tema de tratamiento de aguas residuales, así como información de otros proyectos similares.

- Costos de adquisición de predios por las afectaciones generadas por la construcción de las obras, incluyendo derechos de vía, permisos y concesiones.
  Los costos para el caso de permisos y concesiones se estimaron con base a la Ley Federal de Derechos, por explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales para la prestación de los servicios de agua potable; para el caso de adquisición de predios e indemnizaciones se hicieron estimaciones con base a los valores catastrales de los terrenos y al uso del suelo.

- Costos de prevención y mitigación de impactos ambientales.
  Estimaciones de las acciones para el cumplimiento ambiental de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional y estudios técnicos justificativos.

De esta manera se integró el presupuesto de las obras y acciones contempladas en el Proyecto, resultando un monto total de $ 9,590,954,699.35 (nueve mil quinientos noventa millones novecientos cincuenta y cuatro mil seiscientos noventa y nueve pesos 35/100 M.N) a precios sociales, es decir sin incluir el IVA, a ejercerse durante 3 años.

SIN TEXTO

El programa de inversiones para los principales conceptos de obra se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 54. Programa de Inversión Tecnología MBR

Concepto	2026	2027	2028	2029	Total
Preinversión	714,335,230.40	200,386,547.73	136,584,093.25	6,028,327.37	1,057,334,198.75
Colectores	168,048,010.96	372,838,674.71	236,615,921.70	10,443,370.11	787,945,977.48
Estaciones Regeneradoras de Agua -ERAS	867,401,021.14	776,999,648.19	483,658,333.94	21,346,927.76	2,149,405,931.03
Líneas de Impulsión de Aguas Regeneradas (Líneas Moradas)	264,496,155.26	583,072,866.23	370,776,967.78	16,364,752.95	1,234,710,742.23
Humedal	15,560,072.54	27,880,696.36	19,003,569.22	838,748.74	63,283,086.87
Obra de Toma	948,286.49	33,307,028.38	160,075,836.12	7,065,167.85	201,396,318.84
Planta Potabilizadora	462,189,361.30	898,212,926.37	595,120,659.67	26,266,471.27	1,981,789,418.60
Líneas de Impulsión de Agua Potable	203,574,025.21	385,951,151.60	257,893,282.96	11,382,475.80	858,800,935.57
Tanques	211,977,259.98	415,780,404.15	274,618,440.87	12,120,663.72	914,496,768.71
Infraestructura eléctrica y sistema de control supervisorio	60,254,426.00	174,368,733.76	102,638,087.92	4,530,073.60	341,791,321.27
SUBTOTAL	2,968,783,849.27	3,868,798,677.18	2,636,985,193.43	116,386,979.17	9,590,954,699.35
IVA	402,027,647.94	613,733,624.18	418,322,744.24	18,463,251.38	1,452,547,267.74
TOTAL	3,370,811,497.21	4,482,532,301.66	3,055,307,937.67	134,850,230.56	11,043,501,967.09

Fuente: Elaboración propia.

Costos de Operación y Mantenimiento

Una vez concluidas las obras de infraestructura hidráulica se deberán cubrir los costos para su correcta operación y mantenimiento. En lo que se refiera a los gastos de operación se estiman en $740,843,985.29 (Setecientos cuarenta millones ochocientos cuarenta y tres mil novecientos ochenta y cinco pesos 29/100 M.N.), ajustables en años bisiestos, sin incluir IVA. Esta información se presenta en el siguiente cuadro desglosado por las principales categorías: tratamiento de aguas residuales, potabilización de agua y bombeos:

SIN TEXTO

Cuadro 55. Operación

Categoría	Costo (miles $)
Tratamiento de Aguas Residuales	119,683
Potabilización de Aguas	13,568
Bombeos	14,041
Energía Eléctrica	593,551
Total	740,844

Fuente: Elaboración propia

Por su parte los costos de mantenimiento de las obras representan $515,832,132.27 (Quinientos quince millones ochocientos treinta y dos mil ciento treinta y dos pesos 27/100 M.N.) distribuidos en los años 15 y 16 del periodo de operación y $371,078,627.75 (Trescientos setenta y un millones setenta y ocho mil seiscientos veintisiete pesos 75/100 M.N.) que se distribuirían en los años 25 y 26 del periodo de operación del Proyecto, en ambas cantidades no se incluye IVA para efectos de evaluación social del Proyecto.

Costos por molestias (Estimación de afectaciones a terceros que se generan por la construcción de la obra)

Para fines de evaluación del proyecto de inversión resulta relevante estimar el valor de las externalidades negativas asociadas a la ejecución del Proyecto, específicamente se estima el costo por molestias que ocasiona la construcción de las obras. Para ello se considera el valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan en la ZMQ, es decir, se refiere al costo que representan los retrasos que, con motivo de la ejecución de las obras, pudieran tener los usuarios de las vialidades afectadas en sus tiempos de traslado a sus centros de trabajo, escuelas, puntos de reunión, etc.

SIN TEXTO

Para el cálculo de dicho costo, se utilizan los valores de los salarios mínimos ajustados tomando como base el salario mínimo de 2020 para actualizar los valores del SMGP de los años posteriores para las zonas en que se divide el país: Zona Libre de la Frontera Norte y Resto del País; para ello, se considera únicamente el componente de "aumento por fijación" eliminando al "monto independiente de recuperación" (MIR) derivado de que el MIR es un monto absoluto en pesos y que tiene por objeto la recuperación del poder de compra del salario mínimo, resultados que se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 56. Salarios mínimos ajustados por zona y ámbito nacional (pesos)

Año	Aumento por fijación (%)	Zona Libre de la Frontera Norte	Resto del País	SMGP
2020	No aplica	185.56	123.22	128.41
2021	6	196.69	130.61	136.11
2022	9	214.40	142.37	148.36
2023	10	235.84	156.61	163.20
2024	6	249.99	166.00	172.99

Fuente: Cálculos y elaboración propia con base en boletines y comunicados de prensa del incremento al salario mínimo, CONASAMI (2019-2024). RESOLUCIÓN del H. Consejo de Representantes de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos que fija los salarios mínimos generales y profesionales que habrán de regir a partir del 1 de enero de 2024.

Los valores obtenidos se aplican en la siguiente expresión para determinar el valor del tiempo:

$$SHP = (FIP*SMGP*7)/HTP$$

Donde:

SHP = salario horario promedio

SIN TEXTO

SIN TEXTO

HTP = horas trabajadas promedio por semana por la PO

FIP = factor de ajuste (en salarios mínimos) del ingreso promedio de la PO

SMGP = salario mínimo general promedio vigente (en pesos diarios)

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos, en donde se observa que el valor del tiempo para la Región Centro en la que se ubica la ZMQ, asciende a $62.87 (sesenta y dos pesos 87/100 M.N.) por hora.

Cuadro 57. Valor del Tiempo

Estructura regional	Factores		Valor del tiempo	
	FIP	HTP	Viaje por trabajo (SHP)	Viaje por placer (VTpp)
Región Norte	2.410	42.671	98.83	59.30
Región Centro	2.336	43.174	62.87	37.72
Región Sur Sureste	1.917	42.548	52.35	31.41
NACIONAL	2.269	42.920	64.01	38.41

Fuente: Elaboración propia con base en NOTAS núm. 201, ENERO-FEBRERO 2023, artículo 1, Instituto Mexicano del Transporte.

Considerando $62.87 (sesenta y dos pesos 87/100 M.N.) por hora como valor del tiempo, se estima que los pasajeros que estarían utilizando las vialidades afectadas tendrían un costo por molestias en los 3 años de construcción del Proyecto como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 58. Costo por molestias ZMQ

Año	Costo por Molestias (Pesos)
2026	$2,370,118,429.67
2027	$2,384,849,206.64
2028	$2,399,155,768.84

Fuente: Elaboración propia.

V.2. Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

Beneficio por Mayor Consumo

El beneficio social identificado, atribuible al "Proyecto Sistema Batán", se refiere al mayor consumo de agua potable, el cual internalizarían los usuarios registrados en los 5 municipios integrados en la ZMQ que se abastecen de las mismas fuentes.

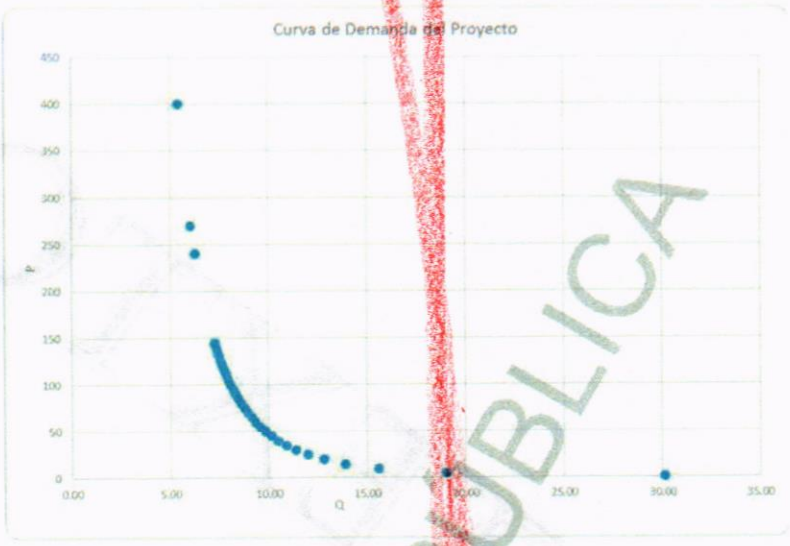
Derivado de la infraestructura de producción adicional con la que se contará una vez que comience a operar, los usuarios de la zona en análisis podrán consumir los niveles de agua que su disposición a pagar les permita, generando un beneficio social por mayor consumo de agua. La función de demanda es la definida en el apartado de Demanda en Situación Actual de acuerdo con el estudio "Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México":

$$Q=e^{2.787} * P^{(-0.286)} * Y^{0.067} * N^{0.361} * e^{(0.023 * TMA)} * [PMA]^{(-0.126)}$$

Su representación gráfica es la hipérbola asintótica identificada con la letra D, en la figura siguiente:

SIN TEXTO

Gráfica 7. Curva de Demanda D



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica muestra la situación de un usuario que cuenta con restricción en el suministro de agua, derivado de la insuficiente infraestructura, por lo que en la situación sin Proyecto consume una cantidad de agua equivalente a Qs/p m³ de agua potable, que es menor a la cantidad Qc/p que podría consumir ante la tarifa vigente (T). Las condiciones de consumo sin Proyecto generan un precio implícito (PI) para el usuario, que es superior a la tarifa vigente (T), debido a los costos y molestias generados por las restricciones en el consumo, lo cual implica desde tandeos en colonias y sectores, bombeos intradomiciliarios entre cisternas y tinacos, hasta el pago de medios alternativos de abastecimiento domiciliario, como pipas de agua, en los casos más extremos.

En la situación con Proyecto, derivado de la oferta adicional de agua se incrementa la cantidad consumida de agua a Qc/p, por lo que se genera un beneficio por mayor consumo que se cuantifica como la cantidad adicional consumida de agua, que es la

SIN TEXTO

diferencia entre Qc/p y Qs/p. El valor de este consumo adicional corresponde al área bajo la curva de demanda (D), que representa el beneficio marginal privado (BMg), así como el beneficio marginal social (BMgS) por cada m^3 de agua que consume un usuario, teniendo como límite inferior el consumo sin Proyecto (Qs/p) y como límite superior el consumo con Proyecto (Qc/p).

En este sentido, el beneficio social para los usuarios domésticos se valora estimando el área bajo la curva de demanda, teniendo como límites el consumo promedio por toma estimado para la situación sin Proyecto, así como el consumo promedio por toma estimado para la situación con Proyecto. El área obtenida representa el beneficio mensual por toma, de manera que debe multiplicarse por el número de usuarios domésticos y por los 12 meses del año, lo que permite obtener el beneficio anual por mayor consumo generado por el Proyecto en su zona de influencia.

Es importante considerar también que, para no sobredimensionar los beneficios por mayor consumo, se asume que la mayor restricción del consumo se daría hasta el momento en que los usuarios observaran un precio implícito igual al costo de abastecimiento de agua a través de pipas, que en la ZMQ es en promedio de $200.00/ m^3 (doscientos pesos 00/100 M.N.) por metro cúbico.

En este caso se llega a este nivel crítico de consumo en la situación con Proyecto hacia el año 2042, de manera que los beneficios son constantes a partir de dicho año y el resto del horizonte de análisis.

Para la determinación del beneficio por mayor consumo, disponemos de la información acerca del volumen de agua que se produce en situación sin y con Proyecto, así como la eficiencia física en cada situación, calculada en apartados anteriores:

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 59. Producción Sin y Con Proyecto

Oferta	Unidad	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032-2055
Caudal extraído sin proyecto	L / s	4,348	4,348	4,348	4,348	4,348	4,348	4,348
Caudal extraído/producido con proyecto	L / s	4,348	4,348	4,348	6,148	6,148	6,148	6,148
Vol. Adicional con proyecto	L / s	-	-	-	1,800	1,800	1,800	1,800
Eficiencia física Actual	%	53.0%	53.0%	53.0	53.0%	53.0%	53.0%	53.0%
Eficiencia física de la red total sin Proyecto	%	54.0%	55.0%	56.0%	56.0%	56.0%	56.0%	56.0%
Eficiencia física de la red total con Proyecto	%	54.0%	55.0%	56.0%	56.0%	56.0%	56.0%	56.0%

Fuente: Elaboración propia.

Con los parámetros anteriores se obtiene el caudal total entregado para consumo u oferta total de agua a nivel toma y número total de unidades servidas, a lo largo del horizonte de evaluación, para las Situaciones Sin y Con Proyecto determinada en los apartados respectivos, información que se presenta en el siguiente arreglo:

Cuadro 60. Caudal entregado

Concepto/ Año	Caudal entregado Situación Sin Proyecto (l/s)	Caudal entregado Situación Con proyecto (l/s)	Unidades servidas (No.)
2026	2,348	2,348	704,746

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Concepto/ Año	Caudal entregado Situación Sin Proyecto (l/s)	Caudal entregado Situación Con proyecto (l/s)	Unidades servidas (No.)
2027	2,392	2,392	723,389
2028	2,435	2,435	742,804
2029	2,435	3,443	762,571
2030	2,435	3,443	782,693
2031	2,435	3,443	803,168
2032	2,435	3,443	823,996
2033	2,435	3,443	845,178
2034	2,435	3,443	866,714
2035	2,435	3,443	888,603
2036	2,435	3,443	910,846
2037	2,435	3,443	933,442
2038	2,435	3,443	956,392
2039	2,435	3,443	979,695
2040	2,435	3,443	1,003,353
2041	2,435	3,443	1,027,363
2042	2,435	3,443	1,051,727
2043	2,435	3,443	1,076,445
2044	2,435	3,443	1,101,516
2045	2,435	3,443	1,126,941
2046	2,435	3,443	1,152,720
2047	2,435	3,443	1,178,852
2048	2,435	3,443	1,205,337
2049	2,435	3,443	1,232,176

SIN TEXTO

Concepto/ Año	Caudal entregado Situación Sin Proyecto (l/s)	Caudal entregado Situación Con proyecto (l/s)	Unidades servidas (No.)
2050	2,435	3,443	1,259,369
2051	2,435	3,443	1,286,915
2052	2,435	3,443	1,314,815
2053	2,435	3,443	1,343,068
2054	2,435	3,443	1,371,675
2055	2,435	3,443	1,400,636

Fuente: Elaboración propia.

Con las cifras anteriores se calcula para el escenario de Situación Con Proyecto y durante el horizonte de evaluación, el caudal entregado para consumo a los diferentes tipos de unidades servidas: doméstica, comercial, industrial, etc., así como el volumen m³/toma/mes de agua por toma doméstica que se empleará en el cálculo del beneficio por mayor consumo. Esta información se muestra a continuación:

Cuadro 61. Proyección del Consumo en Situación Con Proyecto L/s)

Tipo de consumo/ Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo Total	Consumo Doméstico con Proyecto (m³/toma/mes)	Consumo Doméstico delimitado al precio de Pipa (m³/toma/mes)
2026	1,881.46	224.82	36.32	108.23	19.56	1.51	76.16	2,348.1	7.5	6.6
2027	1,912.45	230.84	37.30	111.13	20.09	1.55	78.20	2,391.6	7.6	6.6
2028	1,943.20	236.97	38.29	114.08	20.62	1.59	80.28	2,435.0	7.6	6.6
2029	2,992.25	243.21	39.30	117.09	21.16	1.63	82.39	3,497.0	11.6	6.6
2030	2,979.07	249.57	40.32	120.15	21.71	1.68	84.54	3,497.0	11.4	6.6

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Tipo de consumo/ Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo Total	Consumo Doméstico con Proyecto (m^3/toma/mes)	Consumo Doméstico delimitado al precio de Pipa (m^3/toma/mes)
2031	2,965.65	256.03	41.37	123.26	22.28	1.72	86.73	3,497.0	11.3	6.6
2032	2,952.01	262.60	42.43	126.42	22.85	1.76	88.96	3,497.0	11.1	6.6
2033	2,938.13	269.29	43.51	129.64	23.43	1.81	91.23	3,497.0	11.0	6.6
2034	2,924.02	276.09	44.61	132.91	24.02	1.85	93.53	3,497.0	10.8	6.6
2035	2,909.69	282.99	45.72	136.24	24.62	1.90	95.87	3,497.0	10.6	6.6
2036	2,895.12	290.01	46.86	139.62	25.23	1.95	98.25	3,497.0	10.5	6.6
2037	2,880.33	297.14	48.01	143.05	25.85	1.99	100.66	3,497.0	10.4	6.6
2038	2,865.30	304.38	49.18	146.54	26.48	2.04	103.11	3,497.0	10.2	6.6
2039	2,850.04	311.73	50.37	150.08	27.12	2.09	105.60	3,497.0	10.1	6.6
2040	2,834.56	319.19	51.57	153.67	27.77	2.14	108.13	3,497.0	9.9	6.6
2041	2,818.84	326.77	52.79	157.31	28.43	2.19	110.70	3,497.0	9.8	6.6
2042	2,802.89	334.45	54.04	161.01	29.10	2.24	113.30	3,497.0	9.7	6.6
2043	2,786.71	342.24	55.30	164.76	29.78	2.30	115.94	3,497.0	9.5	6.6
2044	2,770.31	350.15	56.57	168.57	30.47	2.35	118.62	3,497.0	9.4	6.6
2045	2,753.67	358.17	57.87	172.43	31.16	2.40	121.33	3,497.0	9.3	6.6
2046	2,736.80	366.29	59.18	176.34	31.87	2.46	124.09	3,497.0	9.2	6.6
2047	2,719.70	374.53	60.51	180.31	32.59	2.51	126.88	3,497.0	9.0	6.6
2048	2,702.37	382.88	61.86	184.33	33.31	2.57	129.71	3,497.0	8.9	6.6
2049	2,684.82	391.34	63.23	188.40	34.05	2.63	132.57	3,497.0	8.8	6.6
2050	2,667.03	399.91	64.61	192.53	34.80	2.68	135.48	3,497.0	8.7	6.6
2051	2,649.01	408.59	66.02	196.71	35.55	2.74	138.42	3,497.0	8.6	6.6
2052	2,630.76	417.39	67.44	200.94	36.32	2.80	141.40	3,497.0	8.5	6.6
2053	2,612.28	426.29	68.87	205.23	37.09	2.86	144.41	3,497.0	8.4	6.6
2054	2,593.57	435.30	70.33	209.57	37.88	2.92	147.47	3,497.0	8.3	6.6

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ESTA
COMISIÓN
DE AG

Tipo de consumo/ Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo Total	Consumo Doméstico con Proyecto (m^3/toma/mes)	Consumo Doméstico delimitado al precio de Pipa (m^3/toma/mes)
2055	2,574.63	444.43	71.81	213.96	38.67	2.98	150.56	3,497.0	8.0	6.6

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, con los parámetros para la Situación Sin Proyecto se integra la proyección, a lo largo del horizonte de evaluación, de los caudales de agua que estarían empleando las diferentes unidades de consumo; así como el volumen m^3/toma/mes para las unidades domiciliarias que se utilizará en el cálculo del beneficio por mayor consumo. Esta información se muestra a continuación:

Cuadro 62. Proyección del Consumo en Situación Sin Proyecto (L/s)

Tipo de consumo / Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo Total	Consumo Doméstico sin Proyecto (m^3/toma/mes)	Consumo Doméstico delimitado al precio de Pipa (m^3/toma/mes)
2026	1,881.5	224.8	36.3	108.2	19.6	1.5	76.2	2,348.1	7.5	6.6
2027	1,912.4	230.8	37.3	111.1	20.1	1.5	78.2	2,391.6	7.6	6.6
2028	1,943.2	237.0	38.3	114.1	20.6	1.6	80.3	2,435.0	7.6	6.6
2029	1,930.2	243.2	39.3	117.1	21.2	1.6	82.4	2,435.0	7.5	6.6
2030	1,917.1	249.6	40.3	120.1	21.7	1.7	84.5	2,435.0	7.4	6.6
2031	1,903.7	256.0	41.4	123.3	22.3	1.7	86.7	2,435.0	7.2	6.6
2032	1,890.0	262.6	42.4	126.4	22.8	1.8	89.0	2,435.0	7.1	6.6
2033	1,876.1	269.3	43.5	129.6	23.4	1.8	91.2	2,435.0	7.0	6.6
2034	1,862.0	276.1	44.6	132.9	24.0	1.9	93.5	2,435.0	6.9	6.6
2035	1,847.7	283.0	45.7	136.2	24.6	1.9	95.9	2,435.0	6.8	6.6
2036	1,833.1	290.0	46.9	139.6	25.2	1.9	98.2	2,435.0	6.6	6.6
2037	1,818.3	297.1	48.0	143.1	25.9	2.0	100.7	2,435.0	6.5	6.6
2038	1,803.3	304.4	49.2	146.5	26.5	2.0	103.1	2,435.0	6.4	6.6
2039	1,788.0	311.7	50.4	150.1	27.1	2.1	105.6	2,435.0	6.3	6.6

SIN TEXTO

Tipo de consumo / Año	Doméstica (unidad domiciliaria)	Comercio	Industrias	Servicio público oficial	Servicio público concesionado	Servicios hidrantes	Servicios beneficencias	Consumo Total	Consumo Doméstico sin Proyecto (m^3/toma/mes)	Consumo Doméstico delimitado al precio de Pipa (m^3/toma/mes)
2040	1,772.6	319.2	51.6	153.7	27.8	2.1	108.1	2,435.0	6.2	6.6
2041	1,756.8	326.8	52.8	157.3	28.4	2.2	110.7	2,435.0	6.1	6.6
2042	1,740.9	334.4	54.0	161.0	29.1	2.2	113.3	2,435.0	6.0	6.6
2043	1,724.7	342.2	55.3	164.8	29.8	2.3	115.9	2,435.0	5.9	6.6
2044	1,708.3	350.2	56.6	168.6	30.5	2.4	118.6	2,435.0	5.8	6.6
2045	1,691.7	358.2	57.9	172.4	31.2	2.4	121.3	2,435.0	5.7	6.6
2046	1,674.8	366.3	59.2	176.3	31.9	2.5	124.1	2,435.0	5.6	6.6
2047	1,657.7	374.5	60.5	180.3	32.6	2.5	126.9	2,435.0	5.5	6.6
2048	1,640.4	382.9	61.9	184.3	33.3	2.6	129.7	2,435.0	5.4	6.6
2049	1,622.8	391.3	63.2	188.4	34.0	2.6	132.6	2,435.0	5.3	6.6
2050	1,605.0	399.9	64.6	192.5	34.8	2.7	135.5	2,435.0	5.2	6.6
2051	1,587.0	408.6	66.0	196.7	35.6	2.7	138.4	2,435.0	5.1	6.6
2052	1,568.8	417.4	67.4	200.9	36.3	2.8	141.4	2,435.0	5.1	6.6
2053	1,550.3	426.3	68.9	205.2	37.1	2.9	144.4	2,435.0	5.0	6.6
2054	1,531.6	435.3	70.3	209.6	37.9	2.9	147.5	2,435.0	4.9	6.6
2055	1,512.6	444.4	71.8	214.0	38.7	3.0	150.6	2,435.0	4.7	6.6

Fuente: Elaboración propia.

El consumo en Situación Sin Proyecto, para los años 2026, 2027 y 2028 es de 7.5 m^3/toma/mes, 7.6 m^3/toma/mes y 7.6 m^3/toma/mes los cuales se mantienen igual que en Situación Con Proyecto debido a que, en estos años no se refleja el caudal adicional para mayor consumo; para el año 2029 cuando ya se tiene el total del caudal adicional y se logra el 56.0% de eficiencia física, el consumo doméstico en Situación Con Proyecto asciende a 11.6 m^3/toma/mes mientras que en Situación Sin Proyecto es de 6.6 m^3/toma/mes; hacia el final del periodo de evaluación dichos caudales disminuyen por efecto del crecimiento poblacional presentando valores de 8.0 m^3/toma/mes en Situación Con Proyecto y 4.7 m^3/toma/mes en Situación Sin Proyecto, si bien disminuye el consumo con Proyecto, es superior al que se tendría sin Proyecto.

SIN TEXTO

Los precios implícitos que se obtienen a partir de la función de la demanda para la zona de estudio y los consumos anteriores multiplicados por el número de unidades servidas domesticas representan el beneficio por mayor consumo.

Matemáticamente el beneficio se calcula integrando el área bajo lo curva descrita anteriormente, desde el consumo sin Proyecto hasta el consumo con Proyecto, limitando que el precio implícito de los consumos no sea mayor que el de obtener el agua por un método alterno, como es el agua en pipa, que en este caso es de $200/m3 (doscientos pesos 00/100 M.N.) por metro cúbico.

La cuantificación y valoración del beneficio por mayor consumo de agua generado por el Proyecto se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 63. Beneficio por Mayor Consumo

Concepto/ Año	Número de tomas domésticas con consumo	Consumo efectivo promedio por toma a nivel domiciliario (m3 /toma/mes)		Consumo adicional por toma atribuible al Proyecto (m3 /toma/mes)	Beneficio anual por mayor consumo
		Situación Sin Proyecto	Situación Con Proyecto		
2026	656,191	7.54	7.54	0.00	0
2027	662,978	7.58	7.58	0.00	0
2028	670,123	7.62	7.62	0.00	0
2029	677,204	7.49	11.61	4.12	$2,106,684,541.77
2030	684,218	7.36	11.44	4.08	$2,228,437,440.15
2031	691,159	7.24	11.28	4.04	$2,356,636,973.45
2032	698,026	7.12	11.11	4.00	$2,491,611,047.37
2033	704,815	7.00	10.96	3.96	$2,633,716,820.29

SIN TEXTO

Concepto / Año	Número de tomas domésticas con consumo	Consumo efectivo promedio por toma a nivel domiciliario (m3 /toma/mes)		Consumo adicional por toma atribuible al Proyecto (m3 /toma/mes)	Beneficio anual por mayor consumo
		Situación Sin Proyecto	Situación Con Proyecto		
2034	711,521	6.88	10.80	3.92	$2,783,303,780.37
2035	718,143	6.76	10.65	3.89	$2,940,789,144.71
2036	724,677	6.65	10.50	3.85	$3,106,567,594.40
2037	731,122	6.54	10.35	3.82	$3,277,731,976.68
2038	737,473	6.43	10.21	3.78	$3,446,405,439.91
2039	743,729	6.32	10.07	3.75	$3,612,150,519.73
2040	749,887	6.21	9.93	3.72	$3,774,867,106.87
2041	755,946	6.11	9.80	3.69	$3,934,455,897.85
2042	761,902	6.00	9.67	3.66	$4,090,806,921.73
2043	767,755	5.90	9.54	3.64	$4,243,822,705.42
2044	773,503	5.80	9.41	3.61	$4,393,407,567.31
2045	779,144	5.71	9.29	3.58	$4,539,459,447.82
2046	784,677	5.61	9.17	3.56	$4,681,874,277.40
2047	790,100	5.51	9.05	3.53	$4,820,555,297.61
2048	795,412	5.42	8.93	3.51	$4,955,392,885.81
2049	800,611	5.33	8.81	3.49	$5,086,285,763.99
2050	805,698	5.24	8.70	3.46	$5,213,124,369.10
2051	810,670	5.14	8.59	3.44	$5,335,802,210.75
2052	815,527	5.06	8.48	3.42	$5,454,207,134.03
2053	820,269	4.97	8.37	3.40	$5,568,216,540.83
2054	824,894	4.88	8.26	3.38	$5,677,712,174.67
2055	841,469	4.72	8.04	3.32	$5,888,746,382.84

Fuente: Elaboración propia.

SIN TEXTO

Beneficios por Liberación de Recursos

Los beneficios por liberación de recursos se generarían al evitar que parte de la población se tenga que abastecer a través de pipas, como medios alternativos ante las condiciones de escasez, dada la disponibilidad de agua valorada para la situación sin Proyecto. Se estima que, de los 15 L/s que se suministran actualmente por dichos medios, es factible sustituir hasta un 40% de ese caudal, producto del incremento de la oferta de agua una vez que entre en operación la infraestructura contemplada en la presente iniciativa.

Con los parámetros del cuadro siguiente se calculan los beneficios considerando que el caudal adicional de 1,800 L/s que produce el Proyecto cubre los 6 L/s que se estima sustituir y el precio por abastecimiento por medio de pipas es de $200/m³ (doscientos pesos 00/100 M.N.) por metro cúbico.

Cuadro 64. Consumo de Agua en Pipas

Consumo de Agua en Pipa	
Cantidad Máx. Consumida de Pipas - Uso Doméstico m³/toma/mes	7.75
Cantidad Máx. Consumida de Pipas - Uso Doméstico m³/toma/año	93.02
Tomas que funcionan bajo tandeo (promedio 2021 - 2023)	27,048
Caudal Abastecido por Pipas (L/s) Actualmente*	15.0
Caudal Abastecido por Pipas (m³/año) Actualmente	473,040.0
Caudal para Sustituir de Abastecimiento en Pipas (%)	**40%**
Caudal para Sustituir de Abastecimiento en Pipas (L/s)	6.0
Precio de Pipa ($/m³)	$ 200.00

SIN TEXTO

Consumo de Agua en Pipa	
Liberación Máx. de recursos por Pipa	$ 94,608,000.00

Fuente:* Información proporcionada por la CEAQ

Los beneficios por liberación de recursos ascienden a $37,843,200.00 (treinta y siete millones ochocientos cuarenta y tres mil doscientos pesos 00/100 M.N.) anuales y se estima permanecen constantes durante el periodo de análisis, como se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 65. Cuadro Beneficios por Liberación de Recursos

Concepto/ Año	Caudal Adicional (L/s)	Caudal para Liberar Suministro de Pipa		Liberación de Recursos (pesos)
		Litros/ segundo	metros cúbicos/año	
2026	-			-
2027	-	-		-
2028	-	-	-	-
2029	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2030	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2031	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2032	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2033	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2034	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2035	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2036	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2037	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2038	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2039	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
COMISIÓN
DE AG

Concepto/ Año	Caudal Adicional (L/s)	Caudal para Liberar Suministro de Pipa		Liberación de Recursos (pesos)
		Litros/ segundo	metros cúbicos/año	
2040	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2041	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2042	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2043	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2044	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2045	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2046	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2047	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2048	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2049	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2050	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2051	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2052	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2053	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2054	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00
2055	1,800.00	6.00	189,216.00	$37,843,200.00

Fuente: Elaboración propia.

V.2. Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad

Con base en lo establecido en los "Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión" la presente

SIN TEXTO

evaluación socioeconómica es del tipo Análisis Costo Beneficio, por lo que se consideran los siguientes cálculos de indicadores de rentabilidad:

- **VPN, Valor Presente Neto.** Es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del programa o proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios.

- **TIR, Tasa Interno de Retorno.** Se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada, en este caso, para el Proyecto que nos ocupa es 10%.

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

Partiendo de la información de **identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios** generada en los apartados anteriores y a las definiciones recién explicadas, a continuación, se presentan los flujos de costos y beneficios, así como el

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

cálculo de los indicadores de rentabilidad obtenidos aplicando una tasa de descuento del 10% establecida por la Unidad de Inversiones de la SHCP:

Cuadro 66. Resumen de los Costos y Beneficios y Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad

No.	Año	Costos de Inversión ($)	Gastos de Operación y Mantenimiento ($)	Costos por Molestias ($)	Total Costos ($)	Beneficios por Mayor Consumo ($)	Beneficio por Ahorro en Pipas ($)	Total de Beneficios ($)	Flujo Neto ($)
0	2026	2,968,783,849	-	2,370,118,430	5,338,902,279			-	-5,338,902,279
1	2027	3,868,798,677	-	2,384,849,207	6,253,647,884			-	-6,253,647,884
2	2028	2,636,985,193	-	2,399,155,769	5,036,140,962	0	0	-	-5,036,140,962
3	2029	116,386,979	740,843,985		857,230,964	2,106,684,542	37,843,200	2,144,527,742	1,287,296,777
4	2030		740,843,985		740,843,985	2,228,437,440	37,843,200	2,266,280,640	1,525,436,655
5	2031		740,843,985		740,843,985	2,356,636,973	37,843,200	2,394,480,173	1,653,636,188
6	2032		742,873,695		742,873,695	2,491,611,047	37,843,200	2,529,454,247	1,786,580,553
7	2033		740,843,985		740,843,985	2,633,716,820	37,843,200	2,671,560,020	1,930,716,035
8	2034		740,843,985		740,843,985	2,783,303,780	37,843,200	2,821,146,980	2,080,302,995
9	2035		740,843,985		740,843,985	2,940,789,145	37,843,200	2,978,632,345	2,237,788,359
10	2036		742,873,695		742,873,695	3,106,567,594	37,843,200	3,144,410,794	2,401,537,100
11	2037		740,843,985		740,843,985	3,277,731,977	37,843,200	3,315,575,177	2,574,731,191
12	2038		740,843,985		740,843,985	3,446,405,440	37,843,200	3,484,248,640	2,743,404,655
13	2039		740,843,985		740,843,985	3,612,150,520	37,843,200	3,649,993,720	2,909,149,734
14	2040		742,873,695		742,873,695	3,774,867,107	37,843,200	3,812,710,307	3,069,836,612
15	2041		998,760,051		998,760,051	3,934,455,898	37,843,200	3,972,299,098	2,973,539,046
16	2042		998,760,051		998,760,051	4,090,806,922	37,843,200	4,128,650,122	3,129,890,070
17	2043		740,843,985		740,843,985	4,243,822,705	37,843,200	4,281,665,905	3,540,821,920
18	2044		742,873,695		742,873,695	4,393,407,567	37,843,200	4,431,250,767	3,688,377,072

SIN TEXTO

No.	Año	Costos de Inversión ($)	Gastos de Operación y Mantenimiento ($)	Costos por Molestias ($)	Total Costos ($)	Beneficios por Mayor Consumo ($)	Beneficio por Ahorro en Pipas ($)	Total de Beneficios ($)	Flujo Neto ($)
19	2045		740,843,985		740,843,985	4,539,459,448	37,843,200	4,577,302,648	3,836,458,663
20	2046		740,843,985		740,843,985	4,681,874,277	37,843,200	4,719,717,477	3,978,873,492
21	2047		740,843,985		740,843,985	4,820,555,298	37,843,200	4,858,398,498	4,117,554,512
22	2048		742,873,695		742,873,695	4,955,392,886	37,843,200	4,993,236,086	4,250,362,391
23	2049		740,843,985		740,843,985	5,086,285,764	37,843,200	5,124,128,964	4,383,284,979
24	2050		740,843,985		740,843,985	5,213,124,369	37,843,200	5,250,967,569	4,510,123,584
25	2051		926,383,298		926,383,298	5,335,802,211	37,843,200	5,373,645,411	4,447,262,112
26	2052		928,413,008		928,413,008	5,454,207,134	37,843,200	5,492,050,334	4,563,637,326
27	2053		740,843,985		740,843,985	5,568,216,541	37,843,200	5,606,059,741	4,865,215,756
28	2054		740,843,985		740,843,985	5,677,712,175	37,843,200	5,715,555,375	4,974,711,389
29	2055		740,843,985		740,843,985	5,888,746,383	37,843,200	5,926,589,583	5,185,745,598
Total		9,590,954,699	20,901,876,618	7,154,123,405	37,646,954,723	108,642,771,963	1,021,766,400	109,664,538,363	72,017,583,640

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 67. Indicadores de rentabilidad

Indicador Económico	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	**3,959,932,176**
Tasa Interna de Retorno (TIR)	**12.14%**
Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI)	**13.59%**

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos se concluye que el Proyecto presenta una rentabilidad socioeconómica elevada con un VPN de $3,959,932,176 (tres mil novecientos cincuenta y nueve millones novecientos treinta y dos mil ciento setenta y seis pesos 00/100 M.N.)

SIN TEXTO

y una TIR de **12.14%** superior a la tasa de descuento establecida por la Unidad de Inversiones de la SHCP del 10%.

V.3. Análisis de Sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad se analizaron las variables que afectan directamente la rentabilidad del Proyecto:

- Sensibilidad respecto al incremento en los costos de inversión. Los resultados obtenidos indican que el Proyecto presenta muy baja sensibilidad, puede soportar un incremento de hasta del 45.2% en los costos de inversión, antes de que se genere un VPN negativo.
- Sensibilidad respecto al incremento en los costos de operación y mantenimiento. Los resultados obtenidos indican que el Proyecto tiene muy baja sensibilidad al incremento de los costos, puede soportar hasta el 68.2%.
- Sensibilidad respecto a la disminución de los beneficios del Proyecto. Los resultados obtenidos indican que el Proyecto presenta una mayor sensibilidad a la disminución de los beneficios que de las anteriores variables, puede soportar hasta el 15.99% en la disminución de los beneficios, antes de que se genere un VPN negativo.

A continuación, se presenta un resumen de las variables de sensibilidad aplicadas al Proyecto Sistema Batán:

SIN TEXTO

Cuadro 68. Análisis de sensibilidad

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre el Indicador de Rentabilidad
Inversión	Incremento ≥ de 45.2%	VPN ≈ 0; TIR = 10%
Operación y Mantenimiento	Incremento ≥ de 68.2%	VPN ≈ 0; TIR = 10%
Beneficios	Decremento ≥ de 15.99%	VPN ≈ 0; TIR = 10%

Fuente: Elaboración propia.

V.4. Análisis de Riesgos

Para el análisis de riesgos se tomó en cuenta la tabla 3.23 "Análisis de riesgos de un proyecto", del Libro 2 "Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión", MAPAS, CONAGUA, así como el Anexo 1 de los "Lineamientos para el seguimiento del ejercicio de los programas y proyectos de inversión, proyectos de infraestructura productiva de largo plazo y proyectos de asociaciones público privadas, de la Administración Pública Federal", emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, publicados en el Diario Oficial de la Federación del 31 de diciembre de 2013.

Con base en lo anterior, a continuación, se presenta un resumen de la matriz de riesgos presentada en la Memoria de Cálculo (Anexo1).

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO · QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE. · CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

Cuadro 69. Matriz de Riesgos

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 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 SHCP	Crítico (C)	Muy Bajo	1.0%	M	Público	Revisión de la normativa aplicable y cumplimiento del Registro Público Único 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.

SIN TEXTO

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
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 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.
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.
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 ejecución del proyecto, así como vigilar que se realicé conforme de acuerdo con lo planeado.

SIN TEXTO

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						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.
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 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	Crítico (C)	Moderado	17.4%	A	Privado	Contar previamente con el Protocolo de Respuesta a

SIN TEXTO

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
del agua en construcción)						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 que son inherentes al Proyecto Sistema Batán ZMQ. 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.

SIN TEXTO

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
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.
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 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

SIN TEXTO

Riesgos Estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Borda	Clasificación	Asignación	Posibles Medidas de Mitigación
						proyecto. Se buscará que en la licitación se presente una estructuración 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 se el proyecto se realicé 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.

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis realizado al presente Proyecto de inversión, se hacen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Conclusiones

- Con la ejecución y puesta en operación del Proyecto se aumentará la oferta de

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL ES
COMISIÓ

agua potable en cantidad y calidad para la población de la ZMQ, integrada por los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón, del estado de Querétaro.

- Se dará cumplimiento a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas:
  - NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.
  - NOM 127-SSA1- 2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.
  - NOM-003-SEMARNAT-1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
  - NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. Lodos y biosólidos Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

- Los análisis desarrollados en el presente documento, conforme a la metodología establecida en los *LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión* vigentes emitidos por la Unidad de Inversiones de la SHCP, arrojan indicadores de evaluación muy atractivos por lo que se recomienda ampliamente la ejecución del Proyecto, VPN= $3,959,932,176 (Tres mil novecientos cincuenta y nueve millones novecientos treinta y dos mil ciento setenta y seis pesos 00/100 M.N.) y una TIR de **12.14%**

- Es claro que la presente iniciativa disminuye el déficit de suministro de agua

SIN TEXTO

potable que sufre la población de los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Colón que conforman la ZMQ.

- Se manifiesta que el proyecto de inversión es técnica, legal, económica y ambientalmente factible de llevarse a cabo.

Recomendaciones

- La propuesta de producción de agua renovada para su uso doméstico y consumo humano utilizando tecnología de alta gama, es un concepto innovador en nuestro país, utilizado en otras partes del mundo con resultados satisfactorios, por lo que se convierte en una alternativa altamente factible para zonas áridas y semiáridas con grandes concentraciones de población y escasez del recurso hídrico.

- Se requiere, de manera prioritaria, explorar y estudiar otras alternativas de suministro de agua que logren abatir y/o eliminar el déficit de suministro de agua potable que sufre la población de la ZMQ.

VII. ANEXOS

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Estudios Técnicos	Estudios hidrológicos, topográficos, geológicos, de calidad del agua, de

SIN TEXTO

GOBIERNO DEL EST
CON IÓN

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
		tratamiento y potabilización de aguas residuales.
Anexo B	Estudios Legales	Tienen el propósito determinar, conforme a las disposiciones legales aplicables, la factibilidad legal de mejorar el nivel de tratamiento de aguas residuales ser conducidas al vaso de la presa El Batán, para su posterior potabilización para el abastecimiento de agua para consumo humano y para el desarrollo urbano – industrial de la ZMQ. Existe un Convenio de Coordinación que celebran la Comisión Nacional del Agua, y el Estado de Querétaro
Anexo C	Estudios Ambientales	Contiene las acciones a realizar para evaluar el impacto positivo y negativo de la introducción de aguas residuales renovadas a la presa El Batán, así como por la construcción de la planta potabilizadora. Se hará la consulta correspondiente a la SEMARNAT respecto a la elaboración del estudio de evaluación del impacto ambiental y la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente.

SIN TEXTO

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo D	Estudios Específicos (Sociales)	Plantea el establecimiento de mecanismos que fomenten la generación de alianzas y una cooperación constante con actores clave de la región, aprovechando la situación social propicia del estado para la aceptación e implementación del Proyecto. Los programas y estrategias dirigidos a la educación, comunicación y participación ciudadana deben ser implementados de manera preventiva, es decir, antes del inicio de las obras.
Anexo E	Memoria de cálculo	Contiene: Proyección de población de la ZMQ; análisis oferta-demanda; Análisis de alternativas; presupuesto de obra; cálculo de indicadores de rentabilidad y análisis de sensibilidad.

SIN TEXTO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE.

CEA QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

VIII. GLOSARIO

AGEB: Área Geoestadística Básica.

APP: Asociación Público Privada.

CEA: Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

ERA: Estación Regeneradora de Agua.

ETJ: Estudio Técnico Justificativo.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

IVA: Impuesto al Valor Agregado.

L/s: Litros por Segundo.

MBR: Reactor biológico de membrana.

MBBR: Reactor de biopelícula de lecho móvil.

MIA: Manifestación de Impacto Ambiental.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

PEA: Población Económicamente Activa.

PED: Plan Estatal de Desarrollo.

PND: Plan Nacional de Desarrollo

PPI: Programas y Proyectos de Inversión.

PPT: Probabilidad proporcional al tamaño.

Proyecto o 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.

PTAR Sur: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sur.

SIN TEXTO

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

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

SHCP: Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

TSD: Tasa social de descuento.

VPC: Valor presente de los costos.

VPN: Valor presente neto.

ZMQ: Zona metropolitana de Querétaro.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 30 de diciembre de 2013.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo y Conteos de Población y Vivienda (2020)
- Plan Nacional de Desarrollo 2025- 2030
- Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2020-2024
- Programa Nacional Hídrico (PNH) 2024-2030
- Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027, Estado de Querétaro
- Plan Municipal de Desarrollo, Querétaro 2024-2027
- Plan Municipal de Desarrollo, Corregidora 2024-2027
- Plan Municipal de Desarrollo, El Marques 2024-2027
- Plan Municipal de Desarrollo, Huimilpan 2024-2027

SIN TEXTO

- Plan Municipal de Desarrollo, Colón 2024-2027
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Comisión Nacional del Agua:
  - Libro2. Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión.
  - Libro 4. Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado.
  - Libro 39. Mejora de Eficiencia Física.
- Lineamientos para el seguimiento del ejercicio de los programas y proyectos de inversión, proyectos de infraestructura productiva de largo plazo y proyectos de asociaciones público privadas, de la Administración Pública Federal. Publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 31 de diciembre de 2013.
- LINEAMIENTOS que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía. Publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 22 de noviembre de 2012.
- Convenio de Coordinación que celebran la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Comisión Nacional del Agua, y el Estado de Querétaro, con el objeto de establecer acciones para incrementar el abastecimiento de agua para uso público urbano en beneficio de la entidad. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 20 de marzo de 2024.
- Regions at risk: comparison of threatened environments.
  Roger E. Kasperson, Jeanne X. Kasperson, BL Turner II, Kirstin Dow y William B. Meyer. New York: United Nations University Press, 1995.
- ¿Son viables las megaciudades? Un cuento de advertencia de la Ciudad de

SIN TEXTO

México.

Exequiel Ezcurra y Marisa Mazari-Hiriart

Medio ambiente: ciencia y política para el desarrollo sostenible, Volumen 38, 1996 - Número 1.

- Los Días del Futuro. La Sociedad Internacional en la Era de la Globalización. Mariano Aguirre 1995. Icaria Editorial S.A.
- Análisis Costo Beneficio. Sistema de Agua Potable Acueducto III Querétaro. 2023

SIN TEXTO

QUERÉTARO

QUERÉTARO JUNTOS, ADELANTE

QUERETARO Comisión Estatal de Aguas

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Proyecto Sistema Batán

Revisado por:

Luis Alberto Vega Ricoy
Vocal Ejecutivo

Lorena Garza Alonso
Directora Divisional de Finanzas

Sergio Gerardo López Martínez
Director General Adjunto de Administración y Finanzas

SIN TEXTO

DGJ/CERTIF/487/2025

LIC. MIGUEL ANGEL MELGOZA MONTES, DIRECTOR GENERAL JURÍDICO DE LA COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS, DE CONFORMIDAD CON LO DISPUESTO EN LOS ARTÍCULOS 1, 2, 3, FRACCIÓN I, 14, 15 Y 27 DE LA LEY DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA PARAESTATAL DEL ESTADO DE QUERÉTARO; 1, 11, FRACCIÓN VI, 38, FRACCIÓN XI, DEL REGLAMENTO INTERIOR DE LA COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS, PUBLICADO EN EL PERIÓDICO OFICIAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE QUERÉTARO "LA SOMBRA DE ARTEAGA" CON FECHA 31 DE ENERO DE 2018; Y EN EL **ACUERDO CDS04/OCT2023-OCT2024/A06**, APROBADO POR EL CONSEJO DIRECTIVO EN LA CUARTA SESIÓN ORDINARIA DEL PERIODO OCTUBRE 2023- OCTUBRE 2024, DE FECHA 29 DE AGOSTO DE 2024 Y PUBLICADO EN EL MEDIO DE DIFUSIÓN DE REFERENCIA EL DÍA 13 DE SEPTIEMBRE DE 2024; SE FACULTA AL SUSCRITO PARA CERTIFICAR LA AUTENTICIDAD DE LOS DOCUMENTOS QUE OBREN DENTRO DE LOS ARCHIVOS INTERNOS DE LA COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS, POR LO TANTO:

CERTIFICA

QUE LAS PRESENTES COPIAS FOTOSTÁTICAS CONCUERDAN DE FORMA FIEL Y EXACTA CON LOS ORIGINALES DE LA **VERSIÓN PÚBLICA DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO DENOMINADO "SISTEMA BATÁN"**; MISMOS QUE SE TUVIERON A LA VISTA, SE COTEJARON Y OBRAN EN LOS ARCHIVOS DE LA **COORDINACIÓN DE PROYECTOS ESPECIALES** DE ESTA COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS, CERTIFICACIÓN QUE CONSTA DE 208 (DOSCIENTOS OCHO) FOJAS ÚTILES. SE EXPIDE LA PRESENTE CERTIFICACIÓN PARA LOS EFECTOS LEGALES A QUE HAYA LUGAR A LOS 29 (VEINTINUEVE) DÍAS DEL MES DE MAYO DEL AÑO 2025 (DOS MIL VEINTICINCO), EN EL MUNICIPIO DE CORREGIDORA, QUERÉTARO.- CONSTE----------

LIC. MIGUEL ANGEL MELGOZA MONTES
DIRECTOR GENERAL JURÍDICO
COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS DE QUERÉTARO

Lic. JMAC