



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS
ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE LA FRONTERA NORTE A NIVEL GRAN VISIÓN

CILA-JUA-LPN-6-2020

CIUDAD ACUÑA
COAHUILA

INFORME ESPECIAL

Agosto, 2021





COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

CONTENIDO

Resumen	4
1 Diagnóstico del sistema de saneamiento	7
1.1 Recopilación y análisis de la información.....	7
1.1.1 Sistema principal de alcantarillado.	9
1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales.	15
1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.....	18
1.1.4 Generalidades.	20
1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento.....	24
1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo).....	24
1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación.	31
1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra.	32
1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final.	32
1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento.....	33
1.2.6 Capacidades financieras de los organismos.....	34
2 El déficit de saneamiento en la región.....	36
2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura.	36
2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales.	36
2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales.	36
2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.....	37
2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales.....	38
2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.....	38
2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso.	39
2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento.....	39
2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil.....	39
2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada.....	40
2.2.3 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR.....	41
2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.....	42
2.2.5 Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos).	42
2.2.6 Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.....	43
3 Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región.	44
3.1 Planteamiento de alternativas.....	44
3.1.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	44
3.1.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.....	47
3.1.3 Alternativas para plantas de tratamiento.	48
3.1.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.	50
3.1.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.....	50



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2	Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia.....	50
3.2.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	52
3.2.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	52
3.2.3	Alternativas para plantas de tratamiento.....	53
3.2.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.....	53
3.2.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.....	53
3.3	Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas.....	54
3.3.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	54
3.3.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	55
3.3.3	Alternativas para plantas de tratamiento.....	56
3.3.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.....	56
3.3.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.....	56
3.4	Selección de las alternativas más convenientes.....	57
3.4.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	57
3.4.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	57
3.4.3	Alternativas para plantas de tratamiento.....	58
3.4.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.....	58
3.4.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.....	59
3.5	Integración de la cartera de acciones y proyectos.....	59
3.5.1	Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción. 60	
3.5.2	Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales.....	61
3.5.3	Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.....	62
3.5.4	Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua.....	62
3.5.5	Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación.....	63
4	Organización y alternativas de financiamiento.....	65
4.1	Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento.....	65
4.1.1	Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos.....	65
4.1.2	Planteamiento de opciones de organización para la ejecución.....	66
4.1.3	Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento.....	67
4.2	Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos.....	70
4.2.1	Identificación de riesgos (construcción de matriz).....	70
4.2.2	Evaluación de riesgos.....	72
4.2.3	Propuesta de mecanismos de mitigación.....	73
	Acrónimos.....	75
	Índice de tablas.....	76
	Índice de ilustraciones.....	77



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Resumen

El municipio de Acuña se encuentra en la porción norte del estado de Coahuila de Zaragoza y es una de las siete entidades municipales de este que hacen frontera con el estado norteamericano de Texas, al nor-noreste de México.

Acuña se localiza en las coordenadas geográficas 29° 19'24.67" de latitud norte, y 100° 57' 04.94" de longitud oeste; se encuentra a una altitud promedio de 300 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una extensión territorial de 11,487 kilómetros cuadrados. Es, después del municipio de Ocampo, la entidad de mayor extensión del estado.

Limita al norte y oeste con el estado de Texas; al sur con los municipios de Ocampo, Múzquiz, Zaragoza y Jiménez, y al este con el estado de Texas y el municipio de Jiménez.

Aun cuando presenta una extensión territorial bastante amplia, más del 98 % de la población que habita en la entidad se localiza en la cabecera municipal Ciudad Acuña. Por su ubicación forma parte de la Zona Metropolitana Binacional Ciudad Acuña–Del Río.

La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos, como parte de su atención preferente a los problemas fronterizos de saneamiento, no ha identificado de manera particular una anomalía de dicha naturaleza para Ciudad Acuña, por lo que no se ha formulado alguna acta sobre este asunto, de conformidad con la recomendación 4 del Acta 261, de fecha 24 de septiembre de 1979.

No obstante, Ciudad Acuña fue considerada dentro de los trabajos de observación de la calidad de las aguas de la frontera, referidos en el Acta 289, y posteriormente en el Acta 294, en cuya resolución 2 se considera conveniente darle carácter prioritario, junto con otras cuatro ciudades, para recibir apoyo, con el fin de consolidar su proyecto de infraestructura de manejo y tratamiento de aguas residuales.

El municipio de Acuña presta el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (saneamiento) a la población de la entidad, a través del organismo público descentralizado, denominado Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Ciudad Acuña (SIMAS Acuña).

El Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Acuña ha sido objeto de varios estudios y análisis en los últimos 20 años, empezando con el Proyecto Integral de Saneamiento (1999), con base en el cual no sólo se llevó a cabo la rehabilitación y ampliación del sistema de alcantarillado, sino que, además, se ejecutó la construcción de la primera etapa de la actual planta de tratamiento de aguas residuales.

En 1998 se estimaba que la cobertura del servicio de alcantarillado era del 49.4 %; veinte años después, con base en los resultados del Plan de Desarrollo Integral, se considera que la cobertura se ha incrementado sustancialmente, alcanzando para el 2018 el 93.59 %, en beneficio de una población cercana a los 152,000 habitantes, a través del acopio y manejo de cerca de 50,000 descargas.

El saneamiento de las aguas residuales se realiza en una PTAR ubicada en la porción este-sureste de la ciudad, que emplea el sistema de lodos activados en su modalidad de aireación extendida. La



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

planta cuenta con aproximadamente 22 años de operación y se encuentra a cargo de una empresa concesionaria. Empezó con una capacidad de flujo diario promedio de 250 lps y ha tenido dos ampliaciones, hasta llegar a la capacidad actual de 500 lps, con la cual tiene una cobertura del 100 % de tratamiento de las aguas que llegan.

Se destaca que el 100 % de las aguas tratadas se emplean en el proceso de generación de energía en las termoeléctricas José López Portillo (Carbón I) y Carbón II de la CFE, ubicadas en el municipio de Nava, utilizando el río Bravo como medio de conducción.

Se identificaron 19 proyectos para el periodo 2022-2050, cuya realización se estima que alcanzarían un valor de 1,224.96 mdp.

Analizando las fuentes de financiamiento para el desarrollo de estudios y proyectos, así como la ejecución de las obras requeridas y la operación y mantenimiento de las mismas, si bien es posible tener acceso a fondos y créditos de la banca de desarrollo, principalmente del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), hasta por un equivalente del 30 % del monto total, por el carácter fronterizo de Acuña, se requiere de apoyos provenientes de los Gobiernos federal y estatal, con porcentajes máximos promedio de participación del 56 % y 7 %, respectivamente, y con una participación marginal del municipio de hasta el 7 % del monto total por proyecto. Para el caso de proyectos relacionados con las PTAR, la participación de la iniciativa privada se estima viable con un porcentaje del 30 %, como mínimo.

Considerando el PEF 2020, se identificaron ocho fondos y cinco programas del Gobierno federal a los cuales es posible acceder para financiar las diferentes etapas de los proyectos seleccionados.

Mediante el empleo de una matriz de identificación y evaluación de riesgos de realización de proyectos, se determinó que, de manera independiente al tipo de estudio, proyecto u obras, los riesgos asociados a los temas económico y administrativo son los más relevantes, principalmente para los proyectos prioritarios (2022). El apego a los lineamientos y reglas de operación, para la obtención de recursos a través de una ruta crítica y su seguimiento, representan los principales mecanismos de mitigación de los citados riesgos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 1 Resumen problemática, solución e inversión, Cd. Acuña, CO.

Problemática	<p>En lo que se refiere al servicio de alcantarillado y saneamiento de Cd. Acuña, aun cuando no se cuenta con un catastro completo de las redes que conforman el sistema que permita conocer con certeza la longitud y características de las tuberías, principalmente en cuanto a diámetro y materiales, se sabe a través de las diversas reparaciones realizadas, que la red tiene cerca de 100 años de antigüedad, principalmente en la zona del centro histórico, con todos los problemas que esto implica.</p> <p>Se estima que la zona metropolitana de Cd. Acuña cuenta con más de 200 kilómetros de red de alcantarillado, incluyendo subcolectores y colectores, de los cuales, cerca de dos terceras partes son sensiblemente antiguas y requieren sustituirse.</p> <p>Las Estaciones de Bombeo se encuentra en mal estado y sus equipos de bombeo han terminado su vida útil, presentan problemas de mantenimiento en la infraestructura y problemas operativos.</p> <p>La PTAR cuenta con aproximadamente 22 años de operación y se encuentra trabajando en un 91.26% de la capacidad instalada, por lo que se encuentra próxima a su máxima capacidad.</p>
Solución	<p>Para atender las necesidades de corto plazo y futuras de Cd. Acuña en materia de alcantarillado, drenaje y saneamiento, es necesario desarrollar acciones paralelas que atiendan tres aspectos.</p> <p>Por una parte, la sustitución y rehabilitación de las redes de alcantarillado, atendiendo de manera prioritaria las zonas más antiguas y aquellas de reciente creación que no cuentan con servicio.</p> <p>Por otra parte, asegurar el funcionamiento operativo de las estaciones de bombeo, dotándolos de equipamiento e infraestructura para hacer llegar el fluido hasta la PTAR.</p> <p>Finalmente, es preciso llevar a cabo la rehabilitación general de la actual PTAR y posteriormente la construcción de otra planta, con las mismas características, principalmente en cuanto al proceso de tratamiento, el cual ha demostrado ser eficiente, al cumplir con los requerimientos normativos.</p>
Inversión	<p>Se presenta una cartera de acciones y proyectos para atender la demanda de saneamiento en Cd. Acuña, CO. al 2050 por un total de 1,224.96 mdp para llevar a cabo 19 acciones de los cuales 13 atenderán la problemática de colectores y emisores con una inversión de 470.94 mdp, 2 acciones requeridas para plantas de bombeo y rebombeo con una inversión de 18.4 mdp, 3 acciones para plantas de tratamiento de aguas residuales con una inversión de 732.39 mdp y 1 acción referente a infraestructura complementaria con una inversión de 3.23 mdp.</p>

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1 Diagnóstico del sistema de saneamiento

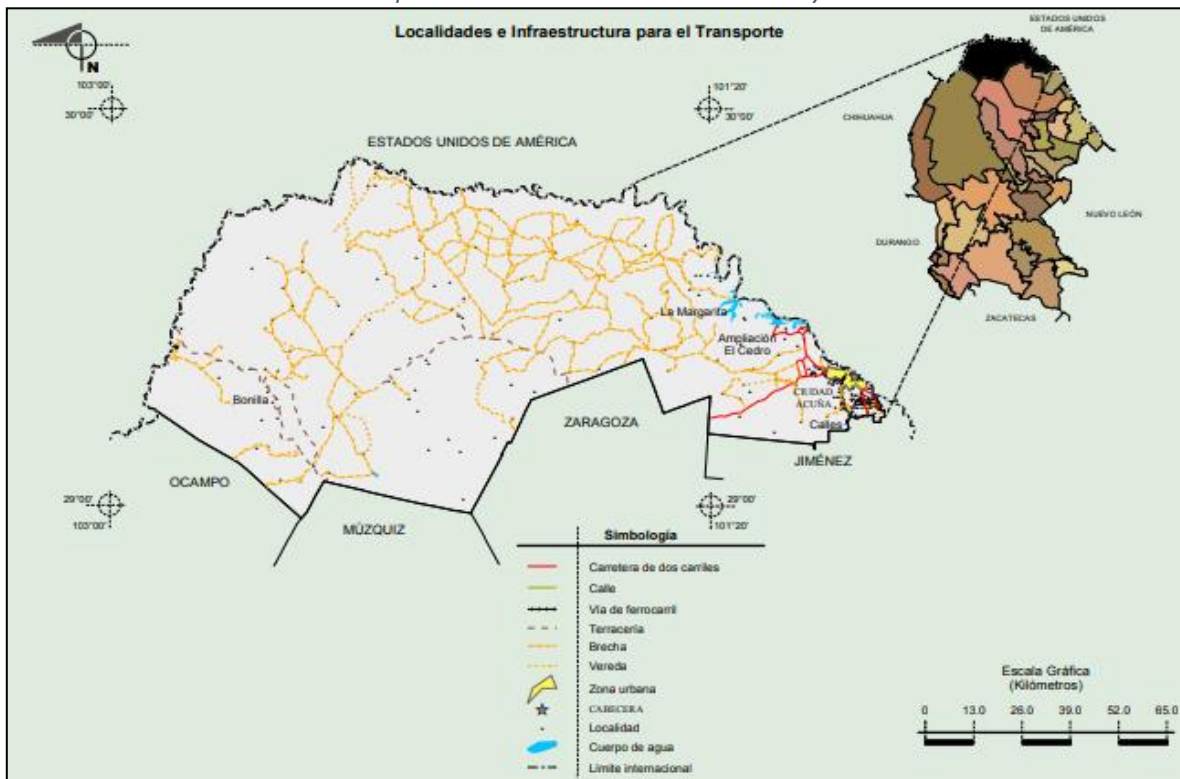
1.1 Recopilación y análisis de la información.

El municipio de Acuña se ubica en la porción norte del estado de Coahuila de Zaragoza. Junto con otros 37 municipios conforma la citada entidad federativa. Acuña es uno de los siete municipios que hacen frontera con el estado norteamericano de Texas, al nor-noreste de México.

Acuña se localiza en las coordenadas geográficas 29° 19'24.67" de latitud norte, y 100° 57' 04.94" de longitud oeste; se encuentra a una altitud promedio de 300 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una extensión territorial de 11,487 kilómetros cuadrados. Es, después del municipio de Ocampo, la entidad de mayor extensión del estado.

Limita al norte y oeste con el estado de Texas (condado de Brewster, Terrell y Val Verde); al sur con los municipios de Ocampo, Múzquiz, Zaragoza y Jiménez, y al este con el estado de Texas (condado de Val Verde) y el municipio de Jiménez.

Ilustración 1. Localización del municipio de Acuña en el estado de Coahuila y colindancias.



Fuente: Compendio de información geográfica municipal 2010, Acuña, Coahuila de Zaragoza, INEGI.

Aun cuando presenta una extensión territorial muy amplia, más del 98 % de la población que habita en la entidad se localiza en la cabecera municipal Ciudad Acuña. Por su ubicación, forma parte de la Zona Metropolitana Binacional Ciudad Acuña–Del Río.

En sentido estricto, los límites norte, oeste y este del municipio de Acuña los conforma el río Bravo, elemento del medio natural y marco físico que representa la frontera entre México y Estados Unidos. Por su ubicación, Ciudad Acuña puede considerarse una población ribereña y fronteriza.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La frontera de México con Estados Unidos es prioritaria en muchos aspectos, incluyendo el relativo al saneamiento integral y el mejoramiento del medio ambiente, y, en tal contexto, se desarrollan importantes proyectos para eliminar el deterioro de la calidad del agua del río Bravo, que se tiene principalmente por descargas residuales procedentes de usos municipales que se realizan sin tratamiento previo.

La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA), creada desde 1889, con el fin de aplicar los tratados internacionales sobre límites y aguas entre las dos naciones, vigila, entre otros aspectos, que las aguas que crucen la frontera o escurran por los tramos limítrofes del río Bravo no tengan condiciones sanitarias que representen un riesgo a la salud y el bienestar de los habitantes en ambos lados de la frontera.

El Tratado de Aguas de 1944, firmado el 3 de febrero del mismo año, establece que los Gobiernos de México y Estados Unidos se obligan a resolver preferentemente los problemas fronterizos de saneamiento.

En este contexto, el 24 de septiembre de 1979 se aprobó por los dos Gobiernos el Acta 261, la cual establece que para los problemas fronterizos de saneamiento se formule una Acta para aprobarse por los dos Gobiernos, en la que se incluya la identificación del problema, la definición de las condiciones que requieran solución, normas específicas de calidad que deberán aplicarse, acciones a seguir para su solución, y el programa específico para su desarrollo.

La CILA, como parte de su atención preferente a los problemas fronterizos de saneamiento, no ha identificado de manera particular una anomalía de dicha naturaleza para Ciudad Acuña, por lo que no se ha formulado alguna acta sobre este asunto, de conformidad con la recomendación 4 del Acta 261, de fecha 24 de septiembre de 1979.

No obstante, Ciudad Acuña fue considerada dentro de los trabajos de observación de la calidad de las aguas de la frontera, referidos en el Acta 289, y posteriormente en el Acta 294, en cuya resolución 2 se considera conveniente darle carácter prioritario, junto con otras cuatro ciudades, para recibir apoyo, con el fin de consolidar su proyecto de infraestructura de manejo y tratamiento de aguas residuales.

Para el desarrollo del informe de Ciudad Acuña, como parte de la Formulación del Programa de Saneamiento de las Frontera Norte a Nivel de Gran Visión, fueron recopilados y analizados los documentos que se enlistan a continuación:

Nacionales (Gobierno de la República, SEMARNAT y CONAGUA)

- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.
- Presupuesto de Egresos de la Federación, ejercicios 2019 y 2020.
- Programa Nacional Hídrico 2020-2025.
- Programa Hídrico Regional 2014-2018 de la Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo.
- Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2019.
- Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos de Oxidación Bioquímica con Biomasa Suspendida. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario. CONAGUA (2012).
- Normas Oficiales Mexicanas: NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1996.
- Convenio Marco de Coordinación que celebran la SEMARNAT, a través de la CONAGUA, y el estado de Coahuila de Zaragoza, con el objeto de establecer los lineamientos para conjuntar recursos y formalizar acciones en las materias de infraestructura hidroagrícola, agua potable, alcantarillado y saneamiento y cultura del agua en beneficio de la entidad. (DOF, 240420).

Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA)

- Informe de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de las Poblaciones Mexicanas en la Frontera Mex/EUA 2017. CILA.
- Actas 261, 289, 294, 299 y 304 de la CILA.

Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza

- Plan Estatal de Desarrollo de Coahuila de Zaragoza 2017-2023.
- Programa Estatal de Vivienda, Agua y Saneamiento y Regularización de la Tenencia de la Tierra de Coahuila de Zaragoza 2017-2023.
- Programa Estatal de Medio Ambiente de Coahuila de Zaragoza 2017-2023.
- Programa Regional de Gestión de Riesgo y Ordenamiento Territorial Norte de Coahuila de Zaragoza 2018.
- Ley de Aguas para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza. 2009 (Decreto 641).
- Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza. 1993. (Decreto 166).

Municipio de Acuña

- Plan Municipal de Desarrollo de Acuña 2019-2021.
- Plan Director de Desarrollo Urbano y Mapa de Zonificación Secundaria de Acuña 2016.
- Atlas de Peligros y/o Riesgos del Municipio de Acuña 2015.
- Reglamento de Ecología Municipal de Acuña 2000.
- Diagnóstico y Plan de Acción de Modernización del Área Comercial del Sistema de Aguas y Saneamiento de Ciudad Acuña, Coahuila 2018.
- Plan de Desarrollo Integral del SIMAS Acuña 2019.
- Acta Primera Reunión Extraordinaria Consejo Directivo SIMAS Cd. Acuña (7/03/2019).
- Ley de Ingresos del Municipio de Acuña para el Ejercicio Fiscal 2020.
- Reglamento Interior del Organismo Público Descentralizado de la Administración Pública Municipal de Acuña, Coahuila, denominado Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Acuña, Coahuila. 2000.

1.1.1 Sistema principal de alcantarillado.

1.1.1.1 Cobertura de drenaje sanitario.

Tomando como base la información del Plan de Desarrollo Integral del SIMAS Acuña (2019), se considera que el Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Acuña cuenta con una cobertura superior al 93.59 % (2018), beneficiando a una población cercana a los 152,000



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

habitantes, a través del acopio y manejo de cerca de 50,000 descargas. Se estima que el resto de la población tiene descargas directas a terrenos aledaños y, en el mejor de los casos, cuenta con fosas sépticas en su propio terreno. Estas áreas sin servicio se localizan principalmente en las zonas recién pobladas y periféricas de la ciudad, ubicadas hacia el oeste y sur de la mancha urbana actual (2020).

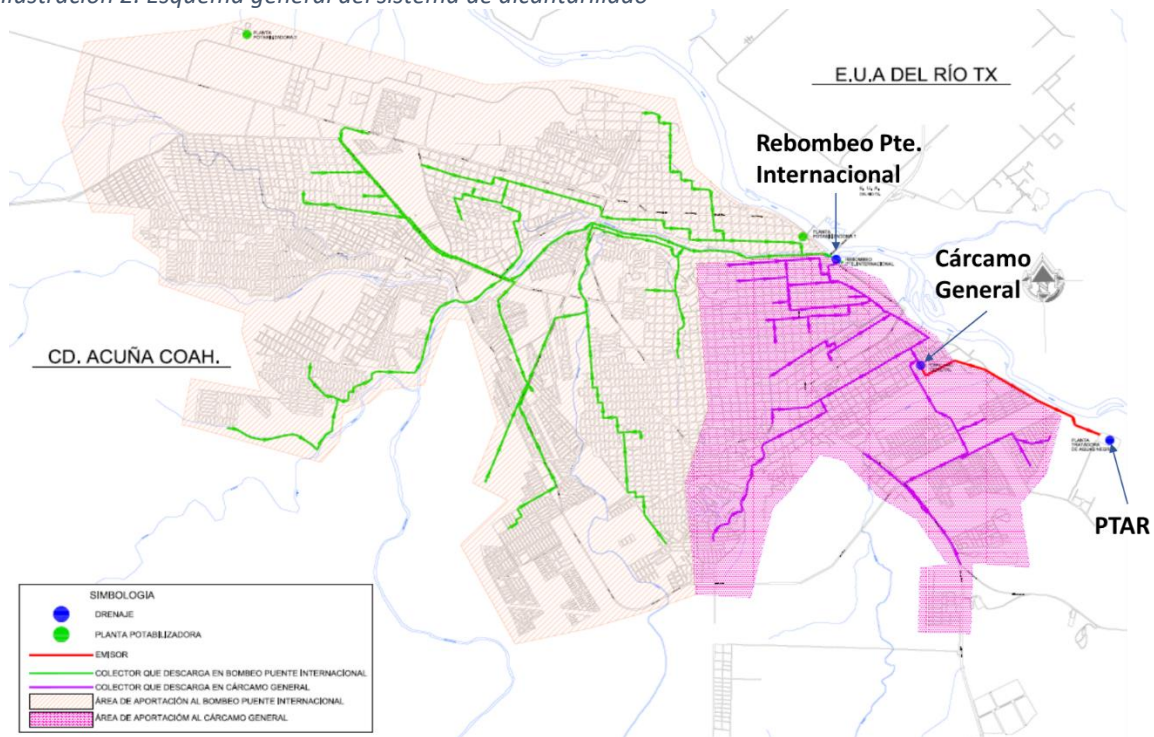
El porcentaje de cobertura se ha ido incrementando gradualmente de 49.4 %, en 1998, hasta llegar a 93.59 % en el año 2018. Se estima que en este momento (2020), la cobertura del Sistema de Alcantarillado es superior al 95 %, de acuerdo con el SIMAS de Ciudad Acuña.

Aun considerando el valor de 93.59 % (2018), esta cobertura de alcantarillado se encuentra por encima de la media nacional del 91.4 %, aunque por debajo de la media del estado de Coahuila de Zaragoza del 97 % (CONAGUA, 2019).

1.1.1.2 Red primaria de alcantarillado (colectores, subcolectores y emisores).

En términos generales, se estima que la zona metropolitana de Ciudad Acuña cuenta con más de 200 kilómetros de red de alcantarillado, incluyendo subcolectores, colectores y emisores, de los cuales cerca de dos terceras partes son sensiblemente antiguas y requieren sustituirse.

Ilustración 2. Esquema general del sistema de alcantarillado



Fuente: elaboración propia con base en información SIMAS Acuña, 2020

Similar a lo que sucede con otros organismos operadores que no cuentan con información compilada, el proceso seguido de análisis de la red primaria de alcantarillado consistió en la consolidación de los datos, esencialmente trayectorias, dentro de un marco de referencia geográfico, de tal manera que todos los datos fueron trasladados a una misma planimetría. Se



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

agregó información de colectores construidos en la zona sur y oeste del área metropolitana, para llegar al esquema que se presenta en la ilustración 2.

El sistema se divide en dos zonas de influencia cuya extensión y estructura se muestran en la ilustración 2. Como estructuras relevantes, el alcantarillado cuenta con dos plantas de bombeo y dos líneas a presión, una entre sistemas de bombeo y otra que descarga en la PTAR. Hasta antes de llegar a las mencionadas estaciones de bombeo todo el sistema trabaja por gravedad.

A continuación, se describen brevemente los componentes y el funcionamiento de la red primaria de alcantarillado.

- Cinco subsistemas de drenaje. La evacuación de las aguas residuales se realiza a través de cinco subsistemas: Las Vacas y La Yegua, para la zona de influencia centro-poniente, que confluyen al Rebombeo Puente Internacional; y los colectores Guerrero, Colegio Militar y Victoria para la zona de influencia oriente que confluyen directamente al Cárcamo General.
- Un subemisor, el colector Victoria entre los sistemas de bombeo; y un emisor, el colector marginal Las Vacas, del Cárcamo General a la PTAR.
- Dos sistemas de bombeo: Rebombeo Puente Internacional y Cárcamo General, con 65 % del área de influencia (centro, poniente y sur); el primero bombea al segundo un promedio de 290 lps. El Cárcamo General tiene como área de influencia la zona oriente; de esta recibe de manera directa 156 lps. El Cárcamo General bombea a la PTAR 446 lps.

1.1.1.3 Sitios de descarga y disposición final.

En general puede considerarse que la evacuación de las aguas residuales de la ciudad se realiza a través de cinco subsistemas: Las Vacas y La Yegua, para la zona de influencia centro-poniente, que confluyen al Rebombeo Puente Internacional; y los colectores Guerrero, Colegio Militar y Victoria, para la zona de influencia oriente, que confluyen directamente al Cárcamo General. Existe una línea a presión entre las estaciones de bombeo y otra que sale del Cárcamo General, a través de la cual se lleva el agua residual hasta la PTAR. Esta infraestructura representa el punto de descarga y disposición final, al margen de que las aguas tratadas son descargadas al río Bravo, el cual representa el cuerpo receptor.

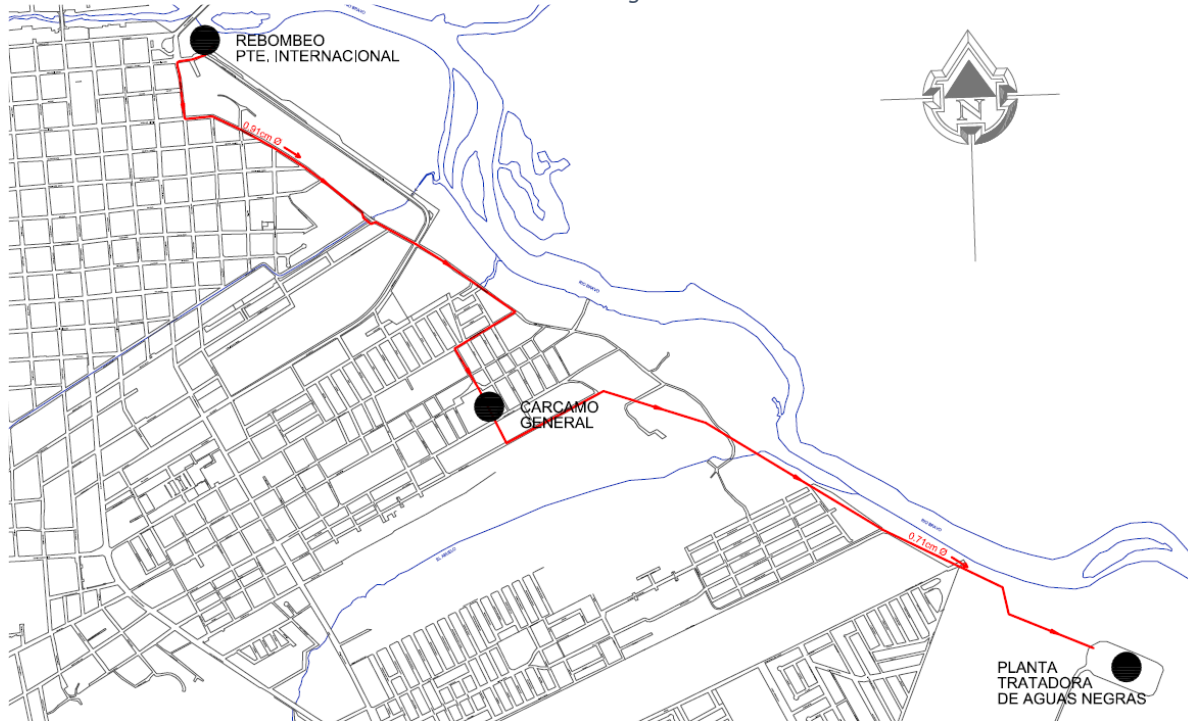
1.1.1.4 Sistemas de bombeo principales.

El sistema de drenaje de Ciudad Acuña opera actualmente dos estaciones de bombeo que se describen a continuación.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 3. Ubicación de las estaciones de bombeo de aguas residuales a la PTAR Acuña.



Fuente: elaboración propia con base en información SIMAS Acuña, 2020.

Estación de bombeo, conocida como “Rebombero Puente Internacional”.

Las aguas residuales que recolecta esta estación de bombeo provienen de las colonias del sur, oeste y noroeste de la ciudad, a través de los colectores Las Vacas y La Yegua, aunque prácticamente sólo el primero llega hasta el Rebombero Puente Internacional.

De acuerdo con información del personal del SIMAS Acuña, esta planta bombea poco más del 65 % del total de aguas residuales aportadas por la ciudad, lo que representa un gasto medio superior a los 296 lps.

A partir del funcionamiento y operación de cuatro bombas, y mediante una tubería a presión de 36 pulgadas, el Rebombero Puente Internacional traslada las aguas residuales que acopia hacia el Cárcamo General.

No se cuenta con información del desempeño energético de los equipos actualmente emplazados en este punto.

Hasta donde se tiene información, la operación y mantenimiento del Rebombero Puente Internacional se lleva a cabo en colaboración con la empresa Sistemas de Ingeniería Sanitaria, S.A. (SISSA), concesionaria y operadora de la PTAR.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 4. Ubicación del Rebombeo Puente Internacional.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

Estación de bombeo Cárcamo General.

Las aguas residuales que recolecta esta estación de bombeo provienen de las colonias del sur, oriente y suroriente de la ciudad, a través de los colectores Guerrero, Colegio Militar y Victoria.

El Cárcamo General se localiza en la porción oriental de la localidad. Tiene como área de influencia la zona oriente, capta de manera directa por gravedad un aproximado de entre 156.10 y 159.71 lps, mientras que, a través de una tubería a presión de 36 pulgadas, recibe aproximadamente entre 289.90 y 296.59 lps. El Cárcamo General bombea a la PTAR una cantidad que oscila entre 446 y 456.30 lps, a través de una tubería a presión de 28 pulgadas de diámetro y mediante la operación de seis equipos de bombeo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 5. Ubicación del Cárcamo General.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

1.1.1.5 Volúmenes y tipo de aportaciones de aguas residuales.

Se ha estimado el volumen de aguas residuales de tipo municipal, generadas en la ciudad de Ciudad Acuña, mediante dos métodos.

- a) Por una parte, considerando el registro de medición de caudales de agua potable suministrada a la población para el año 2018 (SIMAS Acuña, 2019), la cual alcanzó la cantidad de 19'952,891 metros cúbicos, volumen que representa un caudal instantáneo de suministro de 632.70 lps. Tomando como base el valor anterior, y de acuerdo con indicadores generales, la producción de agua residual oscila entre el 70 y 75 % del agua potable suministrada, por lo que el gasto de agua residual producida se estima que estaría entre 442.89 y 474.53 lps. Para el año 2020 se considera viable que la generación de aguas residuales se ubique entre 450 y 480 lps, de acuerdo con estimaciones del SIMAS Acuña.
- b) Por otra parte, tomando como base el volumen registrado de agua tratada en la PTAR para el 2018, el valor registrado a través de medidores de flujo en la entrada de la PTAR para el citado año fue de 14'562,913 metros cúbicos, cantidad que resulta en un gasto instantáneo de 461.79 lps, caudal que representaría la cantidad de agua residual generada en Ciudad Acuña, siempre que la cobertura del Sistema de Alcantarillado fuera del 100 % y el total de las aguas captadas llegaran a la PTAR. Si se toma en consideración que la cobertura del sistema de alcantarillado para el 2018 era de 93.59 %, el caudal de aguas generadas alcanzaría el máximo de 432.19 lps.

La media aritmética de todos los valores citados previamente establece que el caudal de aguas residuales, generadas en Ciudad Acuña para el año 2018, fue de 449.87 lps. A partir de este valor, y



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

los calculados en el inciso anterior, el SIMAS de Ciudad Acuña estima que podría considerarse válido para el 2020 un caudal de 464.94 lps de aguas residuales generadas.

La razón por la que existe diferencia en los volúmenes identificados puede ser producto de filtraciones al sistema de alcantarillado o de las aportaciones generadas en las zonas para las que el SIMAS Acuña provee servicio de alcantarillado, pero no de agua potable. La información recopilada y analizada no permite establecer las razones de manera fundada en lo documentado. Se considera que los trabajos de catastro de infraestructura permitirán llevar a cabo un análisis acorde a las condiciones reales de operación.

1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales.

1.1.2.1 Cobertura de tratamiento de aguas residuales.

La primera etapa de la PTAR fue construida entre los años 1998-2000 con capacidad de 250 lps. Debido al aumento de la población y los gastos producidos de agua residual, fue necesario ampliar la capacidad de la planta. En el año 2010 se incrementó la capacidad instalada hasta 375 lps, y en el 2014 fue adicionado otro módulo de 125 lps, aumentando la capacidad a 500 lps, que es la capacidad actual con la cual se tiene una cobertura en saneamiento de 100 % de las aguas que llegan a esta.

Con base en información proporcionada por SIMAS Acuña, en el 2018 se registró el tratamiento de 461.79 lps (14'562,913 m³/año), mientras que para el 2019, considerando la información facilitada por la CEAS, se presentó una disminución en la operación, por lo que fueron tratados 446 lps (14'065,056 m³/año). Para el 2020 el propio organismo operador, con información de la empresa encargada de la operación de la PTAR, estima un caudal de tratamiento de 456.30 lps.

Si se considera que actualmente se generan en Ciudad Acuña 464.94 lps de aguas residuales, y en la PTAR se tratan 456.30 lps, la cobertura del servicio de saneamiento es del 100 %. A partir de lo anterior, la actual capacidad instalada de tratamiento (500 lps) cuenta con un margen de maniobra de entre 43.70 lps, es decir el 8.74 % para alcanzar el 100 % de la capacidad instalada.

1.1.2.2 Ubicación de las PTAR y áreas de aportación.

La PTAR Acuña se ubica en la porción oriental de la ciudad, y sus coordenadas geográficas medias son: 29°19'01" de latitud norte, y 100°54'47" de longitud oeste, a una altura promedio de 223 msnm.

Las áreas de aportación que corresponden a la zona urbana se localizan en toda la porción oeste y sur de la PTAR, como se observa en la ilustración 6, enmarcadas con los contornos en rojo.

Ilustración 6. Ubicación de la PTAR y sus áreas de aportación.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

1.1.2.3 Proceso y normas que cumplen las PTAR.

El proceso de tratamiento de las aguas residuales de Ciudad Acuña es biológico (oxidación bioquímica con biomasa suspendida), y consiste en un sistema basado en lodos activados, en su modalidad de aireación extendida.

El propósito del tratamiento biológico de biomasa en suspensión es eliminar los compuestos orgánicos solubles y coloidales que escapan al tratamiento primario, y facilitar la eliminación de sólidos en suspensión. Este proceso proporciona reacciones biológicas similares a las que se producen en los cuerpos de agua receptores, eliminando más del 85 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de los sólidos suspendidos.

Al proceso de aireación extendida también se le conoce como oxidación total. La idea fundamental es disminuir la cantidad de lodo residual, lo cual se consigue aumentando el tiempo de residencia; de esta forma el volumen del reactor es mayor y, como consecuencia, todo el lodo degradable que se forma se consume mediante respiración endógena. La ventaja principal del proceso de aireación extendida es que las instalaciones para la manipulación de lodos son muy pequeñas, al compararlas con las que se necesitan en el proceso de lodos activados convencional.

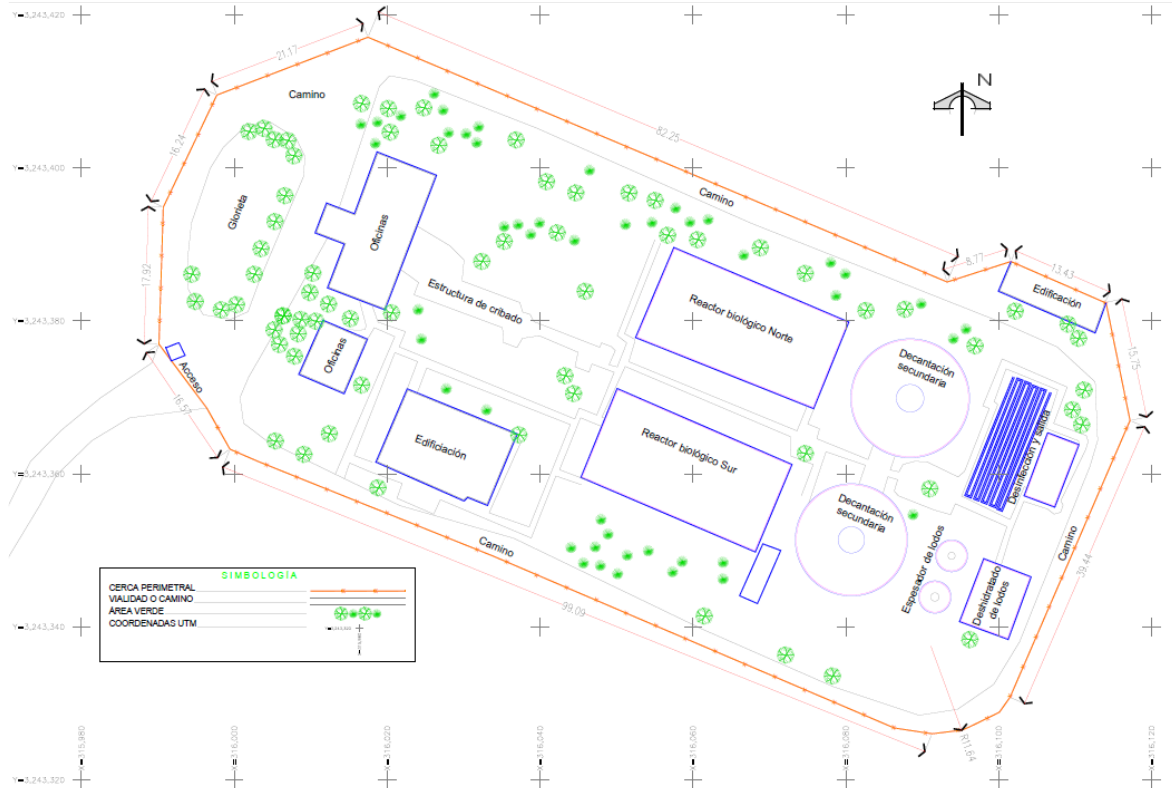
El correcto funcionamiento del proceso de aireación extendida depende de un adecuado suministro de oxígeno, el cual se realiza a través de difusores sumergidos (aireación por insuflación) de burbuja fina, principalmente, debido a que presentan una mejor transferencia de oxígeno al medio (proceso de adsorción), dado que un menor tamaño de burbuja de aire implica una menor velocidad de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

ascenso y, por tanto, un mayor tiempo para la transferencia de oxígeno, menor consumo de aire y menores costos de energía.

Ilustración 7. Esquema de la PTAR existente.



Fuente: CEAS Coahuila, 2015

Como es posible observar en la ilustración 7, la PTAR cuenta con todos los componentes necesarios para asegurar el tratamiento del agua (tren de agua) y de manejo de lodos (tren de lodos).

La PTAR no tiene digestores, ya que este sistema de tratamiento tiene grandes tiempos de retención hidráulica y los lodos salen estabilizados. Para el correcto funcionamiento de la planta se cuenta con las instalaciones necesarias de administración y control.

La calidad de agua residual tratada se controla con los análisis periódicos de carácter mensual de los parámetros incluidos en NOM-001-SEMARNAT-1996, que realiza un laboratorio certificado.

Los resultados recopilados y analizados muestran que la calidad de agua tratada es muy alta y cumple las exigencias de la norma citada, que corresponde a las condiciones necesarias para cubrir los requerimientos de descarga en un cuerpo receptor tipo C.

Todos los valores de los contaminantes analizados se encuentran por debajo de los requerimientos normativos. Los valores de DBO y SST son inferiores a los 30/30 mg/l, cubriendo incluso las exigencias de la EPA de Estados Unidos (USEPA).

1.1.2.4 Capacidad instalada y operación actual.

Como fue establecido en el apartado 1.1.2.1, la primera etapa de la PTAR fue construida en el año 2000 con capacidad de 250 lps. Posteriormente, en el año 2010, se incrementó la capacidad



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

instalada hasta 375 lps, y en el 2014 fue adicionado otro módulo de 125 lps, llegando a 500 lps, que es la capacidad instalada actual.

Tabla 2 Capacidades de la PTAR Acuña

Planta	Tipo tratamiento	Capacidad instalada (lps)	Capacidad tratada (lps)
PTAR Acuña	Lodos activados aireación extendida	500.00	456.30

Fuente: elaboración propia con información de CEAS Coahuila, 2020.

De acuerdo con información de la CEAS, se estima que actualmente (2020) se trata el 100 % de las aguas que llegan a la PTAR y que representan un gasto aproximado de 456.30 lps, lo que significa una ocupación del 91.26 % de la capacidad instalada.

1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.

1.1.3.1 Cobertura de red reúso.

El volumen de agua residual tratada se entrega a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para ser utilizada en las plantas termoeléctricas José López Portillo (Carbón I) y Carbón II, que se ubican en el municipio de Nava, a una distancia aproximada de 93.08 km al SE de la PTAR (ilustración 9). La entrega del agua tratada se realiza a través del río Bravo.

1.1.3.2 Calidad y uso de los efluentes.

Los resultados recopilados y analizados muestran que la calidad de agua tratada es muy alta y cumple las exigencias de la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Tiene la calidad necesaria para descargar en un río como cuerpo receptor, en una categoría de tipo C (protección de vida acuática), pues todos los valores de los contaminantes son más bajos que los requeridos. Los valores de los DBO y SST son 3.39/7.31 mg/l, muy por debajo de los 30/30 que, como se mencionó anteriormente, cumple con las exigencias de la USEPA.

Ilustración 8. Toma de muestras para análisis de calidad.



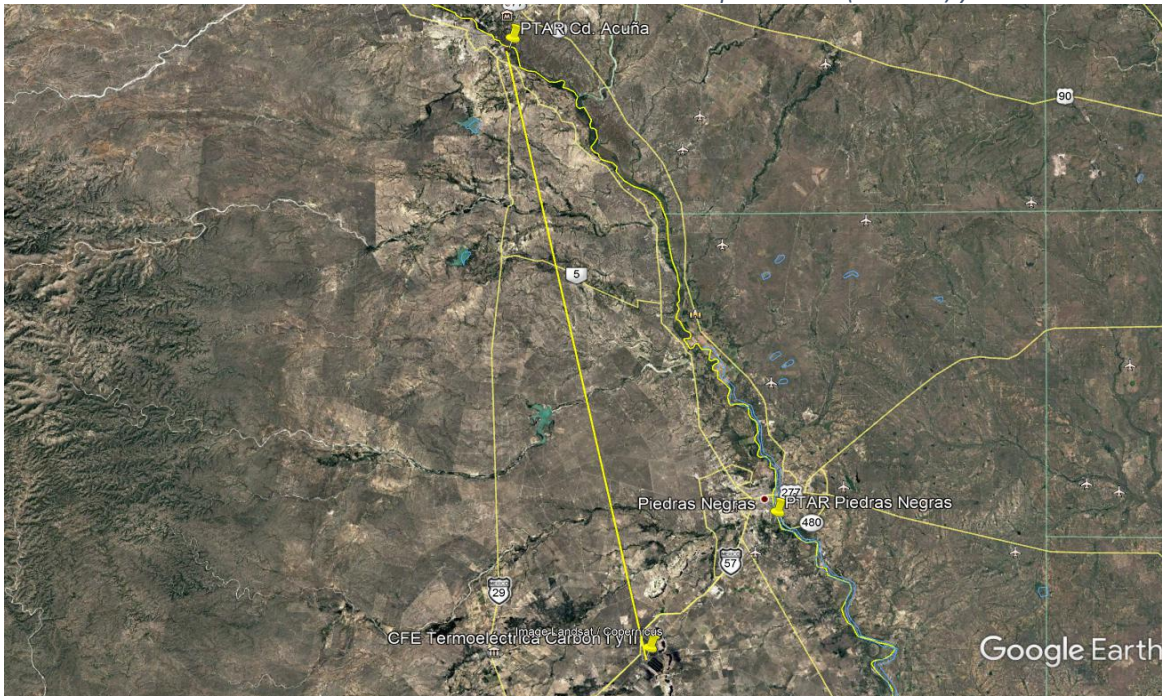
Fuente: IMTA, 2018.

El volumen total de agua residual tratada se entrega a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para ser utilizada en las dos plantas termoeléctricas ubicadas en el municipio de Nava, acción que se realiza empleando como medio de conducción al río Bravo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 9. Ubicación relativa de la termoeléctrica de CFE José López Portillo (Carbón I) y Carbón II.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

La central termoeléctrica “José López Portillo” opera desde el 21 de septiembre de 1982 como la primera gran planta generadora de energía, y se localiza a 13 km de la cabecera municipal de Nava, por la carretera nacional 57; su infraestructura puede observarse desde distintos puntos, tanto desde Piedras Negras, como desde Nava, lo que la ha convertido en un icono de la región. Esta central está interconectada al Sistema Nacional a través de dos líneas de 230 kV y dos líneas de 400 kV, las cuales se dirigen una hacia Tamaulipas y la otra a la frontera del estado. Tiene una capacidad instalada efectiva de 1,200 MW en cuatro unidades generadoras de 300 MW, cada una.

La central termoeléctrica Carbón II, que inició actividades el 2 de noviembre de 1993, es la segunda central en gran escala construida en México, que utiliza el carbón mineral no coquizable como fuente primaria de energía. Esta cuenta con cuatro (4) unidades generadoras con capacidad de 350,000 kW, cada una, para un total de 1.400.000 kW/h, por lo que es en la actualidad la mayor central termoeléctrica a base de carbón de América Latina; anualmente entrega 10.300.000 MWh. Forma parte de la Gerencia Regional de Producción Norte y entrega la energía al Área de Control Noreste a través de las líneas de transmisión de 400 kV Lampazos I y II, además de un enlace con la subestación Río Escondido en el mismo nivel de voltaje.

Lo anterior en cumplimiento al Contrato de Suministro de Aguas Residuales Tratadas, de fecha 14 de mayo de 1998, que suscribieron el Ejecutivo del estado de Coahuila de Zaragoza, a través de la CEAS y la CFE, con la participación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), así como del municipio de Acuña. El objeto del citado instrumento indica que la CEAS se obliga a suministrar aguas residuales tratadas a la CFE y esta se obliga a recibir y adquirir dicho suministro, así como a cubrir el pago correspondiente al volumen total de las aguas residuales tratadas que genere la PTAR Acuña.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.4 Generalidades.

1.1.4.1 Políticas de operación.

Del análisis de la información recopilada para esta sección se obtienen conclusiones acerca de la forma en que operan los Sistemas de Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Acuña, pues mientras el primero es responsabilidad del SIMAS de Ciudad Acuña, el segundo está concesionado a la empresa Sistemas de Ingeniería Sanitaria, S.A. (SISSA), que resultó ganadora de la licitación No. CEAS-PTEAC-COAH-01-97, por un periodo de 264 meses (22 años), contrato que le fue otorgado el 18 de septiembre de 1998 y hasta el 18 de septiembre del 2020.

El Sistema de Alcantarillado, como parte fundamental para el correcto funcionamiento del saneamiento, se encuentra a cargo del SIMAS Ciudad Acuña, de conformidad con lo establecido en el artículo 16 y 21 fracciones II y III de la Ley de Aguas para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza (LAMECZ), publicada en el Periódico Oficial el martes 24 de febrero del 2009, con la reforma más reciente fechada el 27 de octubre del 2015.

El SIMAS Ciudad Acuña es un organismo público descentralizado de la Administración Pública municipal de Acuña, con personalidad jurídica y patrimonio propio, de conformidad con su decreto de creación (285), publicado el 31 de agosto de 1993. El SIMAS Acuña tiene a su cargo la construcción, rehabilitación, ampliación, administración, operación, conservación y mantenimiento, así como la fijación y el cobro de las tarifas, para prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

No obstante que en el artículo 17 de la LAMECZ se establece que en el decreto de creación de los SIMAS deben incluirse “*las normas para su operación*”, y en el artículo 18 del mismo instrumento jurídico se cita que el SIMAS deberá proponer su Reglamento de Prestación de Servicios, el cual deberá ser aprobado por el Ayuntamiento, no se encontró evidencia documental formal de las normas de operación; sólo fue posible identificar los elementos básicos que definen su política operativa para la prestación del servicio, como misión y visión, en la página de Internet del organismo (<http://www.simas.org/valores.html>). A partir de lo anterior, las políticas de operación son completamente técnicas, dirigidas a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ.

Respecto al Reglamento Interior del Organismo Público Descentralizado de la Administración Pública Municipal de Acuña, Coahuila, denominado Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Acuña, Coahuila, aprobado el 14 de julio de 1999, en los artículos 3 y 4 se establecen sus funciones, pero en ninguno de los 64 artículos restantes se manifiestan sus normas operativas o lineamientos de su Reglamento de Prestación de Servicios.

En cuanto al Sistema de Saneamiento, a cargo de la empresa Sistemas de Ingeniería Sanitaria, S.A. (SISSA), concesionaria de la operación de la PTAR, no fue posible obtener información alguna, pues carece incluso de página Web en Internet.

1.1.4.2 Derechos de vía y tenencia de la tierra.

El SIMAS Acuña, a través del Área de Proyectos y Construcción informó que, las instalaciones y tuberías que comprenden las atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, se encuentran ubicados en vías de comunicación públicas; y, en el caso de estaciones de bombeo y la PTAR, en



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

predios propiedad del organismo, de los cuales se cuenta con los documentos que amparan la propiedad y los permisos correspondientes para su instalación y su libre acceso, tanto para la operación como para el mantenimiento. Por su naturaleza legal, no se tiene acceso a dicha documentación, por lo que no se presentó o facilitó documento probatorio alguno.

1.1.4.3 Costos actuales de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.

De acuerdo con información proporcionada por la CEAS, a través de la empresa Sistemas de Ingeniería Sanitaria, S.A. (SISSA), concesionaria de la operación de la PTAR, los costos mensuales de operación, mantenimiento, así como de consumo eléctrico, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 3 Costos de operación y mantenimiento de la PTAR Acuña

Operación (\$/mes)	Mantenimiento (\$/mes)	Energía eléctrica (\$/mes)	Consumo eléctrico (kW/mes)
785,260.00	425,671.00	572,739.00	270,466.00

Fuente: elaboración propia con información de CEAS Coahuila, 2020

1.1.4.4 Tarifas e información financiera de los organismos de agua y saneamiento.

Como parte de la información recopilada se obtuvieron datos de las tarifas autorizadas para los últimos seis años. En general, se observa que la esencia de la estructura se ha mantenido en este período con algunas adecuaciones.

El sistema tarifario del SIMAS Ciudad Acuña, al igual que todos los sistemas del estado de Coahuila, tiene como fundamento las atribuciones que le confiere el capítulo sexto De las Tarifas, de la LAMECZ, publicada en el Periódico Oficial el martes 24 de febrero del 2009, con la reforma más reciente, fechada el 27 de octubre del 2015.

El citado capítulo contiene la información que sustenta la estructura de cualquier organismo operador en el estado, sea municipal o intermunicipal. En el primer artículo del capítulo, el 73, establece que:

“Los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado se cobrarán a los usuarios con base en las cuotas o tarifas que fije el organismo correspondiente, las que deberán ser progresivamente diferenciales de acuerdo con el consumo efectuado y adecuadas al uso que se hubiere autorizado, favoreciendo los consumos más bajos a efecto de estimular el ahorro del agua”.

En el artículo 75 se indica que las cuotas o tarifas se fijarán de conformidad con lo dispuesto en los artículos 16 y 22 de la ley, y con base en los estudios económicos que formularán anualmente los organismos operadores. Asimismo, en el artículo 76 se establece que una vez determinadas las tarifas respectivas, estas deberán incluirse en la iniciativa de Ley de Ingresos Municipales, para su vigencia y obligatoriedad, de acuerdo con el artículo 28 de del Código Financiero para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza y demás disposiciones aplicables; asimismo, se publicarán en las gacetas municipales, páginas de Internet de los municipios y de los organismos operadores (Congreso, 2016).

Con base en lo anterior, el SIMAS de Acuña informa que las tarifas se actualizan de acuerdo con el INPC de forma trimestral, y se autorizan por medio de la Gerencia General y el Consejo Directivo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La estructura tarifaria toma como criterio de clasificación los tres usos previstos en la legislación: doméstico, comercial e industrial; sin hacer un desglose en cuanto a las cuotas por agua potable, alcantarillado o saneamiento, todo se encuentra ligado al cobro por metro cúbico de agua potable.

Para el 2018 las tres tarifas (doméstica, comercial e industrial) están dividida en ocho rangos escalonados; esto es que cada uno comienza en el valor del volumen máximo anterior.

Para el 2020 se conservan las tres tarifas (doméstica, comercial e industrial), divididas en los mismos ocho rangos escalonados de consumo de agua potable; esto es que cada uno comienza en el valor del volumen máximo anterior. Sin embargo, para este año la tarifa muestra una división porcentual del costo, respecto de los servicios de drenaje y alcantarillado. No cita el servicio de saneamiento.

Por lo que puede observarse, con los datos recopilados del SIMAS Acuña, la estructura tarifaria no ha sido modificada en el período documentado (2018–2020), sólo se ha presentado un costo diferenciado por tipo de servicio (agua, drenaje y alcantarillado), aunque las cuotas de drenaje y alcantarillado están ligadas directamente al consumo de agua potable. Solamente se ha actualizado el monto de la cuota cobrada por m³ de agua, con base en la aplicación de un porcentaje referido a la inflación anual y el INPC.

De acuerdo con la revisión y análisis de la Ley de Ingresos del Municipio de Acuña para el ejercicio fiscal 2020, las tarifas autorizadas se muestran en la tabla 4.

Con base en la información recopilada y analizada, se presenta un resumen de los indicadores financieros para el año 2019, considerando valores del 2018 (Simas Acuña, 2019).

Ingreso anual por toma. Este indicador proporciona el promedio de ingreso que el SIMAS recibe por cada toma registrada en el área comercial. El costo total promedio mensual por toma es de \$197.66 /toma/mes, lo que anualizado representa \$2,371.92.

Liquidez. Indica la capacidad que tiene una entidad para cumplir con sus obligaciones a corto plazo. La liquidez del SIMAS Acuña es de \$12.60, lo que indica que el sistema tiene forma de cubrir sus obligaciones a corto plazo, es decir que por cada peso que se adeude se tienen \$12.60 para cubrir la deuda.

Apalancamiento. Mide la porción del activo total de una entidad que es financiada por fondos de un acreedor u otro recurso externo. Indica la participación de terceras entidades en la organización. Es un indicador de riesgo. El apalancamiento tiene un valor de \$1.24; con este valor se confirma lo expuesto en el indicador anterior, ya que, al tener un índice de endeudamiento bajo, por consecuencia el apalancamiento también resulta en un valor bajo, lo que indica que el SIMAS no acostumbra a incrementar su valor por medio de préstamos

Rentabilidad. Mide la eficiencia de la administración para generar utilidad por cada activo con que cuenta la entidad. Proporciona información del uso de los activos y los fondos propios; asimismo, brinda información específica de la estructura financiera. La rentabilidad es del 0.51 %.

Prueba ácida. Este indicador determina la capacidad del organismo para cubrir sus deudas en el corto plazo sin tomar en cuenta los inventarios que, al ser el activo menos líquido, su conversión en efectivo puede requerir un plazo más largo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La prueba del ácido es de \$11.63, que todavía se encuentra en un buen nivel para cubrir las deudas que tenga el SIMAS Acuña sin considerar los montos destinados al inventario.

Tabla 4 Tarifas 2020 para los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado.

Tarifa doméstica					
Límite inferior	Límite superior	\$ Costo m3	% Drenaje	% Alcantarillado	
0	20	5.58	20	10	
21	30	6.00	20	10	
31	50	6.44	20	10	
51	75	6.99	20	10	
76	100	7.74	20	10	
101	150	8.48	20	10	
151	200	9.53	20	10	
201	9,999	10.83	20	10	
Nota: Se agregan \$40.00 de monto base. En conceptos de drenaje y alcantarillado se aplica el 16% de I.V.A					
Tarifa comercial					
Límite inferior	Límite superior	\$ Costo m3	% Drenaje	% Alcantarillado	% I.V. A
0	20	10.65	25	10	16
21	30	11.53	25	10	16
31	50	12.38	25	10	16
51	75	13.41	25	10	16
76	100	14.73	25	10	16
101	150	16.33	25	10	16
151	200	18.20	25	10	16
201	9,999	20.51	25	10	16
Nota: Se agregan \$60.00 de monto base.					
Tarifa industrial					
Límite inferior	Límite superior	\$ Costo m3	% Drenaje	% Alcantarillado	% I.V. A
0	20	10.65	25	10	16
21	30	11.53	25	10	16
31	50	12.38	25	10	16
51	75	13.41	25	10	16
76	100	14.73	25	10	16
101	150	16.33	25	10	16
151	200	21.96	25	10	16
201	9,999	23.00	25	10	16
Nota: Se agregan \$80.00 de monto base.					

Fuente: SIMAS Ciudad Acuña, 2020.

A continuación, se presenta un resumen de la información disponible del Sistema Administrativo, Contable y Financiero del SIMAS Ciudad Acuña.

Productividad. Indica el margen de ganancia neta obtenido de las ventas, así como de otros ingresos. Mide las utilidades que se obtienen de cada peso de ventas, después de pagar gastos generales, administrativos, intereses e impuestos. Esta razón permite conocer la efectividad con la que una entidad puede generar márgenes lucrativos como producto de los servicios que presta. La productividad es del 0.41 %.

Capital de trabajo. Es el conjunto de recursos con que dispone una entidad para llevar a cabo sus actividades y operaciones después de cumplir con sus obligaciones en un periodo determinado. Esta razón financiera tiene como objeto mantener adecuadamente la relación entre el activo y el pasivo



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

circulante, procurando mantenerlos en un nivel aceptable para no caer en la insolvencia. El capital de trabajo es de \$43'292,043.

La administración del capital de trabajo abarca los aspectos de la administración de activos y pasivos circulantes; su efectiva administración se basa en comprender la interrelación entre estas cuentas. Derivado de su correcta administración, a través de operaciones y principalmente decisiones, es posible mejorar resultados en los siguientes aspectos: nivel de activos circulantes, proporción de deuda a corto plazo para el financiamiento de activos y fuentes de crédito a corto plazo (pasivo circulante) con los que puede operar el SIMAS.

Cómo se mencionó anteriormente, la administración del capital de trabajo se determina por decisiones; y estas, a su vez, se generan a partir de políticas. Tener una para el capital de trabajo es indispensable porque a partir de esta se determina el manejo de activos y pasivos circulantes. Eventualmente influye en los índices de riesgo y rendimiento.

El conjunto descrito es importante para determinar el crecimiento y estabilidad a largo plazo de una entidad. Disponer de capital de trabajo para operar es fundamental para futuras decisiones. Adicionalmente, es un indicador de riesgo medible: cuanto mayor sea el capital de trabajo, mayores son las probabilidades de que pueda cumplir la entidad con sus obligaciones financieras, lo que mejora su posición de negocio al gestionar financiamiento en forma de deuda.

1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento.

1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo).

En primera instancia se describe el estado actual del alcantarillado, como parte fundamental para el funcionamiento del Sistema de Saneamiento; posteriormente se analiza la PTAR actual y sus componentes, incluyendo la ficha técnica de esta (tabla 5), y finalmente se evalúa el estado de las instalaciones conforme al código de colores de semáforo, donde el color rojo indica un mal estado y la necesidad de llevar a cabo acciones al respecto lo más pronto posible.

Como fue citado previamente, en la ilustración 2, el sistema opera con dos zonas de influencia que tienen su punto de vertido en las estaciones de bombeo Rebombeo Puente Internacional y Cárcamo General.

La zona de influencia más extensa, que desaloja el 65 % del total de las aportaciones de la zona metropolitana, capta las aguas residuales de las zonas sur, poniente y noroeste, con punto de vertido en la estación de bombeo Rebombeo Puente Internacional, que envía a presión el agua al Cárcamo General.

La segunda zona de influencia, de menor extensión y aportación del 35 % del total, concentra el agua residual en la estación de bombeo Cárcamo General, pero además recibe las aguas del Rebombeo Puente Internacional. Del Cárcamo General sale una línea a presión de 28" de diámetro, que vierte a la caja de entrada a la PTAR.

Los cárcamos de bombeo operan mediante sensores de nivel que arrancan o paran los equipos de bombeo, conformados por cuatro y seis bombas, respectivamente, según las condiciones que se presentan a lo largo del día.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El control de las descargas no domésticas que recibe el sistema, provenientes de usuarios de tipo industrial y comercial, los llevan a cabo los usuarios mismos, con revisiones periódicas por parte del SIMAS de Ciudad Acuña.

En general puede considerarse que la evacuación de las aguas residuales de Ciudad Acuña se realiza a través de cinco subsistemas:

El subsistema La Yegua, para la zona de influencia sur, el cual recibe, además, las aguas residuales colectadas por el colector Las Fuentes, que también se ubica en la zona de influencia sur.

El subsistema “Las Vacas”; es el de mayor trayectoria y su área de influencia directa es la porción suroeste. A este descarga el colector Fundadores, que conduce las aguas residuales generadas en la porción noroeste. El subsistema La Yegua descarga en Las Vacas, poco antes de la zona centro (oeste). Finalmente, Las Vacas descarga en el cárcamo Puente Internacional.

El subsistema Guerrero se desarrolla en la porción sureste y descarga en el colector Victoria, poco antes de descargar en la PTAR.

El subsistema Colegio Militar, con una trayectoria predominante al noreste, tiene como área de captación la zona sur, de manera paralela al subsistema La Yegua. Descarga en el colector Victoria.

Finalmente, el subsistema Victoria tiene como área de influencia la porción centro, entre el Rebombeo Puente Internacional y el Cárcamo General. En este descargan los subsistemas Colegio Militar y Guerrero, previo a desalojar en el Cárcamo General, infraestructura en donde se concentra el 100 % de las aguas residuales para ser enviadas a la PTAR a través del emisor de 28 pulgadas de diámetro.

En relación con la PTAR Acuña, cuenta con los siguientes componentes, siguiendo la línea de tratamiento del agua residual:

- Obra de llegada a la PTAR (donde se reúnen los diferentes colectores de entrada).
- Canales de pretratamiento (desbaste de gruesos, desbaste de finos, desengrasado).
- Canal de reparto a tratamiento biológico.
- Cámara anóxica y reactores biológicos.
- Sistemas de aireación de reactores.
- Unidades de control de proceso.
- Recirculación y purga de lodos.
- Decantación secundaria.
- Salida de agua tratada y desinfección.
- Espesador de lodos.
- Sistema de preparación y de deshidratación de lodos.
- Edificios técnicos y sala de control.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 10. Vista general de la PTAR Acuña.



Fuente: Google Earth, 2020.

Ilustración 11. Reactor Biológico Sur de la PTAR de Ciudad Acuña.



Fuente: Visita de campo del día 23 de mayo del 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 12. Reactor Biológico Norte de la PTAR Acuña.



Fuente: Visita de campo del día 23 de mayo del 2020.

Ilustración 13. Parrilla de aireación por insuflación (extendida) de la PTAR Acuña.



Fuente: ICA.

Ilustración 14. Canales de pretratamiento y reparto a tratamiento biológico de la PTAR Acuña.



Fuente: ICA.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 15. Espesador de lodos (1er plano) y decantación secundaria (2do plano) de la PTAR Acuña.



Fuente: ICA.

Tabla 5 Ficha técnica de PTAR de Ciudad Acuña.

1.- Datos Básicos

Nombre de la planta	Planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Acuña				
Estado	Coahuila	Municipio	Acuña	Localidad	Cd. Acuña
Clave oficial	05-02-0001	Permiso de descarga		2COA100218	24HASG94
Año construcción	1998-2000	Cuerpo receptor	Rio Bravo		
Año inicio operación	2000	Estado actual (activa, inactiva o fuera de operación)		Activa	
Capacidad instalada	500 lps	Caudal tratado	446 lps	Habitantes beneficiados	166,593
Coordenadas latitud Norte	29°19'01"	Longitud Oeste	100°54'47"	Altitud (msnm)	223

2.- Construcción

Origen agua residual	Municipal	Proceso	Lodos activados
Inversión construcción	\$212'342,660.00		
% Inversión Federal		Programa Federal	
% Inversión Contraparte	100 %	Contraparte participante	\$212'342,660.00
Medidor de flujo	Influente	Si	Efluente Si
Responsable operación	Sistema de Ingeniería Sanitaria S.A.		
Teléfono	877-7721695	email	javierbarron835@gmail.com
Obras y/o trabajos posteriores	N/A		

3.- Operación

Costo de operación (\$/mes)	\$785,260.00	Mantenimiento (\$/mes)	425,671.00
Costo energía eléctrica (\$/mes)	\$572,739.00	Consumo electricidad (kW/mes)	270,466.00

4.- Calidad

Clasificación cuerpo receptor	B	NOM-001 NOM-003	X	Condiciones Particulares de descarga	Si
Declaratorio cuerpo receptor		LFDMA, Art 278-A		DBO5	30 mg/l
Calidad del influente	DBO5 160 mg/l	SST 150 mg/l	Parámetros que debe cumplir de acuerdo con normatividad	pH SST G Y A	6-9 30 mg/l 15 mg/l
Calidad del efluente	DBO5 3.39 mg/l	SST 7.31 mg/l		NTK	40 mg/l



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Cantidad de lodo producido (ton/mes)	120	Calidad del lodo	Excelente, Clase A	Destino final del lodo	Relleno sanitario
Tipo generación eléctrica en sitio		N/A		Cantidad energía generadora	N/A
Reúso (tipo y porcentaje)		Reúso indirecto industrial. 100%, CFE			

5.- Salida de operación (en caso de que la PTAR esté inactiva)

Fecha	N/A	Causas:	N/A
Obras requeridas		N/A	
Inversión requerida		N/A	

6.- Observaciones

N/A

7.- Fuente de información

Nombre informante	Ing. Vicente Edmundo García Loera, Comisión Estatal de Agua y Saneamiento
Teléfono	844-6981040, 6981000 ext. 6552
Email	vicenteegl@yahoo.com.mx

Tabla 6 Estado actual de la infraestructura de saneamiento.

Elemento	Condiciones actuales	Semáforo de prioridad de atención	Comentarios
Sistema de bombeo	Las estaciones de bombeo se encuentran en mal estado y sus equipos de bombeo han terminado su vida útil.	Rojo (prioritario)	Presentan problemas de mantenimiento en la infraestructura. Las bombas tienen problemas operativos.
PTAR	Requiere mantenimiento	Rojo (prioritario)	Se requiere diagnóstico integral, mantenimiento mayor y rehabilitación en vista del término de concesión de 22 años.
Colector Victoria	En diversas zonas presenta problemas operativos.	Rojo (prioritario)	Es uno de los principales subsistemas conductores de aguas residuales. Es preciso su funcionamiento eficiente.
Colector Parque Industrial	No se cuenta con infraestructura.	Rojo (prioritario)	Se requiere la instalación de 1.6 km de tubería de conducción de aguas residuales en esta zona de nuevo desarrollo.
Colector Fundadores	Se queda corto por 2.5 km para atender una zona nueva.	Rojo (prioritario)	Es preciso dotar de servicio de drenaje a un desarrollo establecido en el noroeste de la ciudad.
Red de drenaje de la colonia La Estrella	No cuenta con servicio de alcantarillado.	Rojo (prioritario)	Se requiere la instalación de aproximadamente 6.2 km de red de atarjeas para el desalojo de las aguas residuales del asentamiento de reciente creación.
Colonias Benito Juárez, Encinos, Periodistas, Sta. Martha, La Rivera y Fracc. INFONAVIT	La red de atarjeas ha llegado a su vida útil; es preciso cambiarla.	Rojo (prioritario)	Sustitución por emergencia de una buena parte del sistema de alcantarillado de diversas colonias distribuidas en la zona urbana, incluida la zona centro.
Nueva PTAR		Rojo (corto plazo)	Al desarrollarse las mejoras previas a la red de drenaje, al margen del incremento de población, será necesaria una nueva PTAR, adicional a la actual (150 lps).
Colector marginal Las Vacas	Poco tiempo de ser rehabilitado.	Rojo (corto plazo)	Es preciso desarrollar obras de protección del colector para asegurar su correcto funcionamiento, evitando problemas de desalojo de aguas crudas al río Bravo.
Colectores en las zonas de crecimiento y no pobladas de la mancha urbana actual.	No se alcanzarán a cubrir todas las áreas que necesitarán servicio, incluyendo la ocupación de espacios no poblados inmersos en las	Amarillo (mediano plazo)	Ampliación de colectores hacia las zonas noroeste, oeste y sur, y huecos en el centro, sur y oeste de la mancha urbana actual (2020).



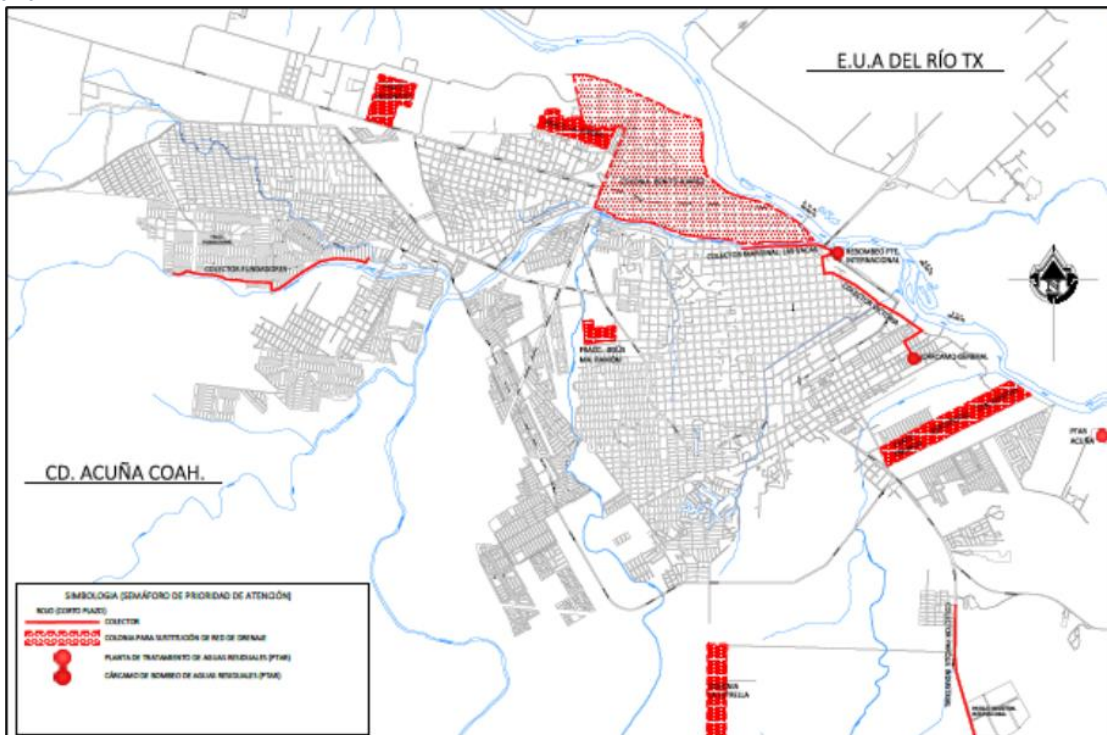
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Elemento	Condiciones actuales	Semáforo de prioridad de atención	Comentarios
	zonas centro, sur y oeste de la mancha urbana actual (2020).		
Subcolector La Yegua	No cubre todas las zonas que requieren servicio.	Amarillo (mediano plazo)	Es preciso su ampliación hacia el sur por aproximadamente 1.6 km.
Nueva PTAR		Verde (largo plazo)	Integración de un segundo módulo de tratamiento de 250 lps.

Fuente: elaboración propia con información CEAS, 2020.

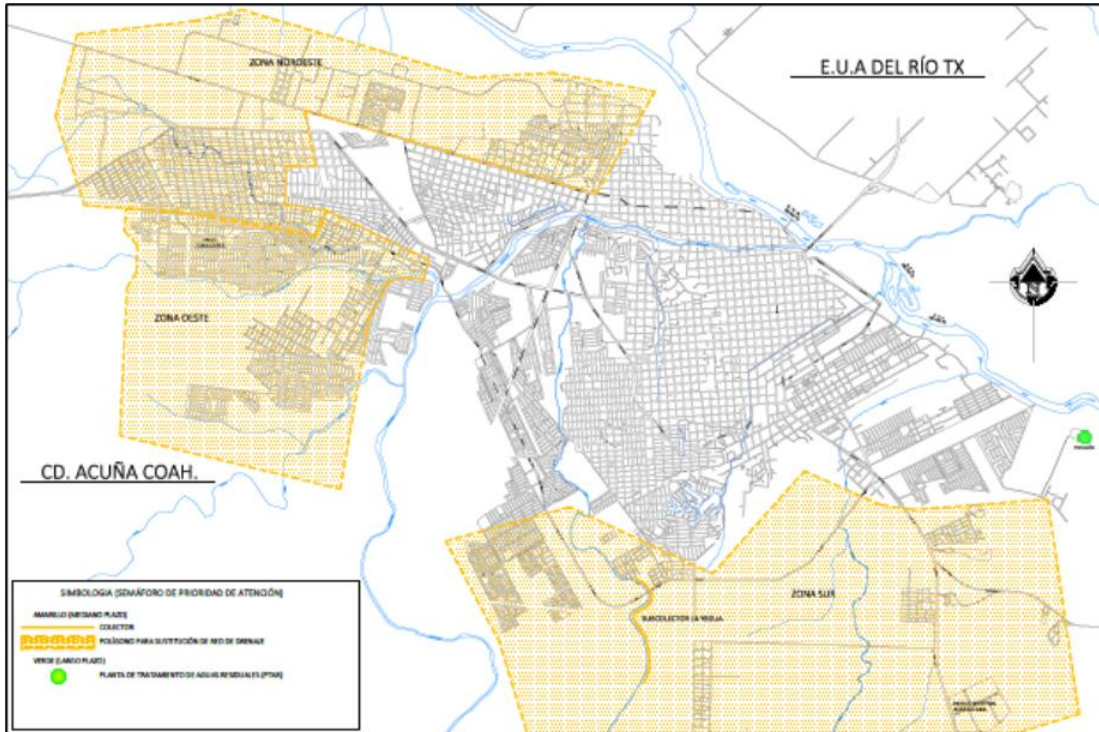
En las figuras 16 y 17 se presentan las instalaciones del Sistema de Drenaje y Saneamiento actual que requieren atención prioritaria y a corto plazo, así como aquellas que pueden ser atendidas en el mediano y largo plazos. En ambas figuras se incluye la identificación de zonas en las cuales se espera rehabilitar la red de atarjeas y las áreas en las cuales debe ampliarse la cobertura de la red de colectores, por tratarse de lugares en los que se espera crecimiento de la población en el mediano y largo plazos, de acuerdo con los instrumentos de planeación y desarrollo urbano.

Ilustración 16. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención prioritaria y corto plazo de Ciudad Acuña.



Fuente: elaboración propia con información SIMAS Ciudad Acuña, 2020.

Ilustración 17. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención a mediano y largo plazo de Ciudad Acuña.



Fuente: elaboración propia con información SIMAS Ciudad Acuña, 2020.

1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación.

Como fue establecido en el desarrollo del apartado 1.1.4.1, en la operación del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento no se cuenta con manuales ni con políticas formales de operación, tan sólo con lineamientos de carácter operativo.

El Sistema de Alcantarillado, como parte fundamental para el correcto funcionamiento del saneamiento, se encuentra a cargo del SIMAS Ciudad Acuña, de conformidad con lo establecido en los artículos 16 y 21, fracciones II y III de la Ley de Aguas para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza (LAMECZ), publicada en el Periódico Oficial el martes 24 de febrero del 2009, con la reforma más reciente fechada el 27 de octubre del 2015.

El SIMAS Ciudad Acuña es un organismo público descentralizado de la Administración Pública municipal de Acuña, con personalidad jurídica y patrimonio propio, de conformidad con su decreto de creación (285), publicado el 31 de agosto de 1993. El SIMAS Acuña tiene a su cargo la construcción, rehabilitación, ampliación, administración, operación, conservación y mantenimiento, así como la fijación y el cobro de las tarifas, para prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

No obstante que en el artículo 17 de la LAMECZ se establece que en el decreto de creación de los SIMAS deben incluirse “*las normas para su operación*”, y en el artículo 18 del mismo instrumento jurídico se cita que el SIMAS deberá proponer su Reglamento de Prestación de Servicios, el cual habrá de ser aprobado por el Ayuntamiento, no se encontró evidencia documental formal de las



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

normas, manuales y políticas de operación, sólo fue posible identificar los elementos básicos que definen su política operativa para la prestación del servicio, como misión y visión, en la página de Internet del organismo (<http://www.simas.org/valores.html>). A partir de lo anterior, las políticas de operación son completamente técnicas, dirigidas a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ.

Respecto al Reglamento Interior del Organismo Público Descentralizado de la Administración Pública Municipal de Acuña, Coahuila, denominado Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Acuña, Coahuila, aprobado el 14 de julio de 1999, en los artículos 3 y 4 se establecen sus funciones, pero en ninguno de los 64 artículos restantes se manifiestan las normas operativas o lineamientos de su Reglamento de Prestación de Servicios.

Con base en lo anterior, y ante la falta de manuales, las políticas de operación son completamente técnicas y de carácter práctico, dirigidas a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ, con fundamento en la experiencia del personal a cargo, quienes cuentan con amplia trayectoria en el servicio, perfil técnico requerido y capacitación necesaria.

Adicionalmente, en términos técnicos el SIMAS Ciudad Acuña se apoya en dos instrumentos: por un lado, la Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los municipios del estado de Coahuila; y por el otro, el Reglamento de Ecología Municipal de Acuña.

En cuanto al Sistema de Saneamiento, a cargo de la empresa SISSA, no fue posible obtener información alguna, pues carece incluso de página Web en Internet.

1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra.

Al igual que en el punto previo, la situación relativa a los derechos de vía y tenencia de la tierra de los Sistemas de Alcantarillado y Saneamiento fue descrita en el desarrollo del apartado 1.1.4.2 del capítulo anterior, donde se manifiesta que no se tienen problemas al respecto.

En el caso de las instalaciones y tuberías que comprenden las atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, se encuentran ubicados en vías de comunicación públicas o en derechos de vías federales; y en el resto de los casos (propiedades particulares), se cuenta con los documentos que amparan los permisos correspondientes para su instalación y su libre acceso para la operación y mantenimiento.

1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final.

En general puede considerarse que la evacuación de las aguas residuales de la ciudad se realiza a través de cinco subsistemas: Las Vacas y La Yegua, para la zona de influencia centro-poniente, que confluyen al Rebombío Puente Internacional; y los colectores Guerrero, Colegio Militar y Victoria para la zona de influencia oriente, que confluyen directamente al Cárcamo General. Existe una línea a presión entre las estaciones de bombeo y otra que sale del Cárcamo General, a través de la cual se lleva el agua residual hasta la PTAR. Esta infraestructura representa el punto de descarga y disposición final, al margen de que las aguas tratadas son descargadas al río Bravo, el cual representa el cuerpo receptor.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La descarga se hace directamente sobre la margen derecha del río Bravo y de manera libre, después del tratamiento, a través de una tubería saliente del talud, que cuenta con obras de protección para conservar su estabilidad y evitar erosión.

Al momento no se han presentado problemas relativos al sitio de descarga, pues al margen de contar con el permiso de descarga correspondiente No. 2COA100218/24HMSG94, de acuerdo con información proporcionada por la CEAS, las condiciones de descarga reportadas, a partir del programa de análisis fisicoquímicos de las aguas desalojadas, indican valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 3.39 mg/l y sólidos suspendidos totales (SST) de 7.31 mg/l, cumpliendo con suficiencia los requerimientos de descarga de la NOM-001-SEMARNAT-1996, de acuerdo con la clasificación del cuerpo receptor de 30 mg/l tanto para DBO₅, como para SST.

Como parte del proceso de saneamiento, empleado en la PTAR, se estima que se generan alrededor de 120 toneladas mensuales de lodo, el cual, debido al tratamiento específico, presenta una calidad clase A (excelente). Para su disposición final se traslada al Relleno Sanitario de Ciudad Acuña, a cargo de la empresa Promotora Ambiental de la Laguna, S.A. de C.V. (PASA), ubicado en el kilómetro 6 de la carretera a Santa Eulalia, a 16.50 kilómetros en línea recta, al WNW de la PTAR, en donde se emplea como material de cobertura intermedia, como parte del proceso de manejo de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad (ilustración 18).

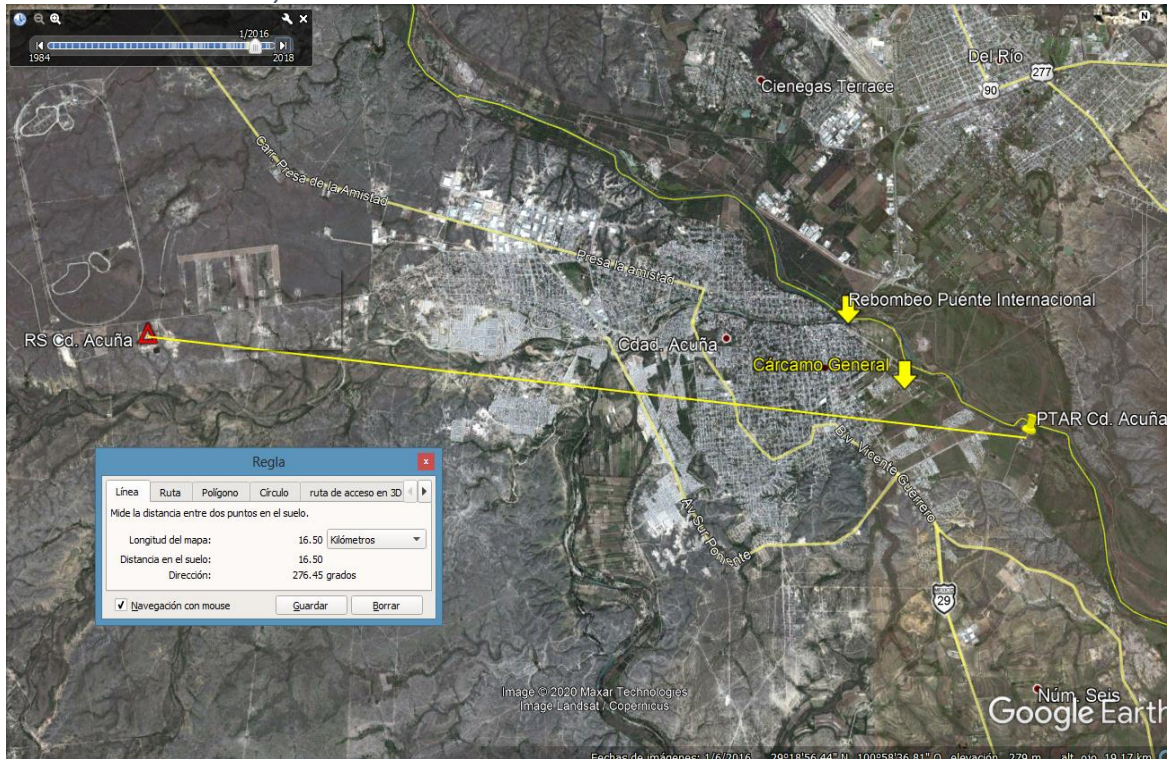
1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento.

Como fue citado en la tabla 3, Costos de operación y mantenimiento de la PTAR Acuña dentro del apartado 1.1.4.3, esta información fue solicitada a la empresa Sistemas de Ingeniería Sanitaria, S.A., concesionaria de la operación de la PTAR, la cual, a través de la CEAS, establece que los costos mensuales de operación ascienden a la cantidad de \$785,260.00 y los respectivos costos mensuales por mantenimiento alcanzan los \$425,671.00 (2020).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 18. Ubicación y distancia del Relleno Sanitario de Ciudad Acuña.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

1.2.6 Capacidades financieras de los organismos

La capacidad financiera del SIMAS Acuña se determina con base en los indicadores siguientes (SIMAS Acuña, 2019):

- El costo total promedio mensual por toma es de \$197.66 pesos/toma/mes.
- La liquidez del SIMAS es de \$12.60, lo que indica que el sistema tiene forma de cubrir sus obligaciones a corto plazo; es decir, que por cada peso que se adeude se tienen \$12.60 para cubrir la deuda.
- La prueba del ácido es de \$11.63, que todavía se encuentra en un buen nivel para cubrir las deudas que tenga el SIMAS sin considerar los montos destinados al inventario.
- El capital de trabajo es de \$43292,043.
- El índice de endeudamiento es de 19.26 %, que es un valor bajo.
- El apalancamiento tiene un valor de \$1.24; con este valor se confirma lo expuesto en el indicador anterior, ya que, al tener un índice de endeudamiento bajo, el apalancamiento también resulta en un valor bajo, lo que indica que el SIMAS no acostumbra a incrementar su valor por medio de préstamos.
- El monto de la infraestructura por usuario es de \$7,125 pesos/toma.
- El margen operativo del SIMAS asciende a \$ 1'685,270, y su margen operativo sobre ingresos (cobranza) es del 1.65 %.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- El costo unitario de operación por metro cúbico producido es de \$6.00 pesos/m³, y el costo unitario de operación por metro cúbico facturado es de \$13.06 pesos/m³; esta diferencia se debe a que el volumen de agua facturado es menor al volumen de agua producido.
- La rentabilidad es del 0.51 % y la productividad es del 0.41 %.
- La relación de operación es de \$1.01, es decir que por cada peso derivado de la recaudación de agua potable alcantarillado y saneamiento, más los ingresos por conexión, factibilidades y otros, menos los gastos operacionales, se tiene \$1.01 de gastos operacionales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2 El déficit de saneamiento en la región.

2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura.

2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales.

En primera instancia, y con base en información de la CEAS, se estima que actualmente (2020) se trata el 100 % de las aguas que llegan a la PTAR, y que representan un gasto aproximado de 456.30 lps, lo cual significa el 91.26 % de la capacidad instalada.

Por otra parte, se considera que el Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Acuña cuenta con una cobertura geográfica del 95 %. Si este lograra la cobertura del 100 %, el 5 % restante significaría un incremento directo de por lo menos 22.82 lps, es decir que estarían llegando a la PTAR 479.12 lps. Sin embargo, se espera que estos valores sean recalculados a partir de que se lleven a cabo los trabajos de mejoramiento de la red de alcantarillado, colectores y a la incorporación de zonas sin servicio.

2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales.

La forma tradicional de determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales, con las limitaciones del caso, se desarrolla a partir de la proyección de población a la que se presta el servicio, y considerando valores para la dotación per cápita de agua potable, de acuerdo con las condiciones climáticas, ya sean registrados, calculados o estimados, y determinando la generación de aguas residuales respectiva, a partir de indicadores recomendados. Una manera ideal es considerando los valores reales medidos en las obras de infraestructura.

Ante la falta de valores registrados en la PTAR, la estimación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales se realizará por el método tradicional. Para lograr lo anterior se tomaron como fundamento los resultados y recomendaciones del “Análisis del Desarrollo Urbano y Crecimiento Poblacional en la Frontera Norte”, ejecutado como parte de los trabajos del Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel Gran Visión, y considerando las particularidades de la prestación del servicio de saneamiento del SIMAS Acuña y la dinámica de la entidad municipal.

El SIMAS Acuña sólo presta sus servicios de saneamiento a los habitantes de la cabecera municipal. De acuerdo con CONAPO, para el año 2020 en Ciudad Acuña se concentra el 97.25 % de la población municipal, mientras que en el resto del territorio se ubica el 2.75 % del total de los habitantes de la entidad municipal.

En la tabla 7 se presenta la estimación de la población servida por el SIMAS Acuña para los principales periodos, a partir de las consideraciones establecidas previamente, y con base en el estudio de población desarrollado para la región.

Tabla 7 Proyección de población servida por el SIMAS Acuña.

Año	Ciudad Acuña	Población servida	Año	Ciudad Acuña	Población servida
2020	151,265	151,265	2035	172,723	172,723
2021	152,939	152,939	2040	177,615	177,615
2024	157,873	157,873	2045	181,242	181,242
2030	166,776	166,776	2050	183,531	183,531

Fuente: elaboración propia con base en CONAPO.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tomando, en primera instancia, como base la dotación de agua potable registrada para el 2018, de 54,665.46 metros cúbicos por día, que representan un suministro per cápita diario de 356.76 lt para una población de 153,227 habitantes en la cabecera municipal (periodo del 2020 al 2024); y posteriormente (periodo del 2025 al 2050), la dotación de acuerdo con las condiciones climáticas prevalecientes en la región de Acuña, con un requerimiento de dotación per cápita diaria de 400 litros de agua, y de cuyo volumen en ambos periodos el 75 % se convierte en aguas residuales después de su uso, y constituyen las aguas residuales que requieren saneamiento, previo a su desalajo en el cuerpo receptor, se desarrollaron los cálculos correspondientes.

En la tabla 8 se establece la proyección de la demanda futura de agua residual que requiere ser sometida a proceso de saneamiento en la PTAR Acuña.

Tabla 8 Proyección de la demanda futura de saneamiento en la PTAR Acuña

Año	Dotación diaria total (miles m ³)	Aguas residuales generadas (miles m ³)	Caudal aguas residuales (lps)	Año	Dotación diaria total (miles m ³)	Aguas residuales generadas (miles m ³)	Caudal aguas residuales (lps)
2020	59.965	40.474	468.45	2035	69.089	51.817	599.73
2021	54.563	40.922	473.63	2040	71.046	53.285	616.72
2024	56.323	42.242	488.91	2045	72.497	54.373	629.31
2030	66.710	50.033	579.08	2050	73.413	55.059	637.26

Fuente: elaboración propia.

Si bien para los primeros cinco años (2020-2024) se consideran los valores calculados como acercados a las estimaciones del SIMAS Acuña, para el resto del horizonte de planeación se estima que se encuentran por debajo de los valores esperados hasta en un 17.69 % para el año 2050. La razón por la que hay diferencia en los caudales puede ser producto de filtraciones al sistema de alcantarillado, o de las aportaciones generadas en las zonas para las que el SIMAS Acuña provee servicio de alcantarillado, pero no de agua potable, de tal forma que existan contribuciones no ligadas a la dotación. La información recopilada y analizada no permite establecer las razones de manera fundada en lo documentado. Se espera que los trabajos de catastro de infraestructura permitirán llevar a cabo un análisis acorde con las condiciones reales de operación.

2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.

Actualmente (2020) se cuenta con una red de colectores principales en cinco subsistemas, descritos en el capítulo anterior, que atienden la demanda del servicio de conducción y desalajo de las aguas residuales, a través de los cuales circula un caudal de entre 468.45 y 479.12 lps. Sin embargo, se estima que diversos tramos de tubería son muy antiguos, incluso con más de 100 años de servicio, principalmente en la zona centro, y cuya longitud total se desconoce con certeza.

A partir de lo anterior, el principal problema en el corto plazo (2022-2024) es sustituir las tuberías antiguas o que presentan un mal funcionamiento, cuya longitud total se desconoce a falta de un catastro adecuado, pero se ha determinado necesario ejecutar, como demanda actual y de corto plazo, un total de 60.85 km, que abarcan la red de atarjeas de las colonias Benito Juárez y La Estrella y los fraccionamientos Encinos, Periodistas, Santa Martha, La Riviera, INFONAVIT y Jesús María Ramón, además de la ampliación del colector Fundadores, la rehabilitación del colector Victoria y la construcción de colector Parque Internacional, necesarios para gestionar el manejo de un caudal cercano a los 490 lps.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Por otra parte, para atender la demanda futura de las zonas de crecimiento en las porciones NW, W y SSE, cuyo incremento esperado es paulatino y moderado a mediano y largo plazos, de acuerdo con el Plan Director de Desarrollo Urbano, así como la ocupación de los espacios no poblados en las zonas centro, sur y oeste de la mancha urbana actual, se estima que será necesario ampliar la red principal de drenaje en por lo menos 46.6 km, a fin de atender la demanda del servicio para el 2050, incluyendo la zona de influencia del subcolector La Yegua, localizada al sur de Ciudad Acuña, y que se estima en un caudal superior a los 637 lps.

2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales.

Como se ha descrito previamente, en la actualidad se cuenta con las estaciones de bombeo Puente Internacional y Cárcamo General, de las cuales se estima que el 65 % de las aguas residuales se captan en la primera, y el 35 % restante en la segunda; sin embargo, debido al esquema operativo actual, el 100 % de las aguas residuales generadas en Ciudad Acuña se concentran en el Cárcamo General desde donde son bombeadas a la PTAR. Si se considera como válido el caudal de aguas residuales que llega actualmente a la PTAR (2020), establecido en el apartado 2.1.1 (456.30 lps), así como la cantidad de este fluido que requiere saneamiento, expuesto en la tabla 8 (468.45 lps), la demanda actual de bombeo del cárcamo Rebombeo Puente Internacional oscila entre 159.71 y 163.96 lps, mientras que el Cárcamo General gestiona hacia la PTAR entre 456.30 y 468.45 lps.

No se cuenta con una opción alterna, y el sobre trabajo, principalmente en el Cárcamo General, ha generado la necesidad de prestarles mantenimiento a las dos estaciones de bombeo y sustituir casi de manera inmediata, las 10 bombas que constituyen el equipamiento total de ambas instalaciones (cuatro en Rebombeo Puente Internacional y seis en Cárcamo General).

No obstante que se ha considerado en el corto plazo analizar un cambio que lleve, tanto a la redistribución de las zonas de influencia, como al bombeo independiente de cada estación al sistema de saneamiento, como parte del proceso metodológico para la selección del sitio para la nueva PTAR, en cuanto a la demanda futura, con base en estimaciones del SIMAS Acuña se ha determinado que no existe necesidad en el mediano y largo plazos de construir una estación de bombeo más o ampliar las actuales, sólo incrementar la capacidad de bombeo, principalmente aumentando la potencia del equipamiento, a pesar de que la actual operación escalonada de las estaciones de bombeo es riesgosa.

Considerando la proyección de agua residual susceptible de requerir saneamiento, señalada en la tabla 8, y que representa las necesidades de bombeo futuro, se establece que para el término del mediano plazo (2030) la demanda de capacidad de bombeo, tanto del Rebombeo Puente Internacional como del Cárcamo General, se incrementará 25 %, y para el 2050 el aumento será del 35 %, respecto de la demanda actual, es decir 110.63 lps y 168.81 lps, respectivamente.

2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.

Se estima que actualmente (2020) se trata el 100 % de las aguas que llegan a la PTAR, y que representan un gasto aproximado de 456.30 lps, lo cual significa el 91.26 % de la capacidad instalada, es decir que prácticamente sólo se cuenta poco menos del 9 % de capacidad para atender los requerimientos futuros. Con base en la proyección de la demanda de saneamiento, se estableció que en los primeros meses del 2025 se estarían alcanzando los 500 lps, es decir el 100 % de la capacidad instalada de la PTAR actual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Si las obras de sustitución de drenaje y rehabilitación de las dos estaciones de bombeo se ejecutan, además de su reequipamiento, se alcanzará en el corto plazo (2022-2024) una cobertura del 100 % del sistema de drenaje, y se tendrá como efecto el incremento en 40.55 lps, lo cual implica la llegada de 496.85 lps de aguas por tratar, mismas que representan el 99.37 % de la capacidad instalada.

Con la extensión de colectores e introducción de la red de drenaje en zonas de ampliación urbana, la demanda de tratamiento se elevará, por lo que será necesario aumentar la capacidad de tratamiento actual de la PTAR. Estimaciones del SIMAS Acuña indican que será necesario un incremento de al menos 25 % (125 lps) para los primeros meses del 2025, lo cual se logrará incorporando un módulo adicional o una nueva instalación cuyo primer módulo tuviera una capacidad de tratamiento de 250 lps que, de acuerdo con la proyección de la demanda, cubriría las necesidades para el largo plazo (2035-2050).

2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso.

Actualmente el 100 % de las aguas tratadas son empleadas en los sistemas de enfriamiento de las termoeléctricas de la CFE José López Portillo (Carbón I) y II, a través de un contrato que vence en 2020, y se estima ampliar por un periodo de 20 años más, aun cuando se presente un cambio en la tecnología de generación y combustible, lo que representa la demanda futura.

Considerando el incremento en la generación de aguas residuales y tratadas, y que la capacidad instalada de las termoeléctricas se mantendrá, se estima que en el corto plazo (2024) se empezará a tener un volumen sobrante de aguas tratadas, para las cuales no se ha determinado una aplicación. Esta representa un área de oportunidad por desarrollar. Se han identificado algunas alternativas de demanda futura que es necesario estudiar y desarrollar; por ejemplo, su empleo en labores industriales; por su nivel elevado de tratamiento, se pretende emplear como volumen de reemplazo de aguas subterráneas con concesionarios de uso industrial y agrícola, e incluso en las propias termoeléctricas y en la recarga del acuífero regional.

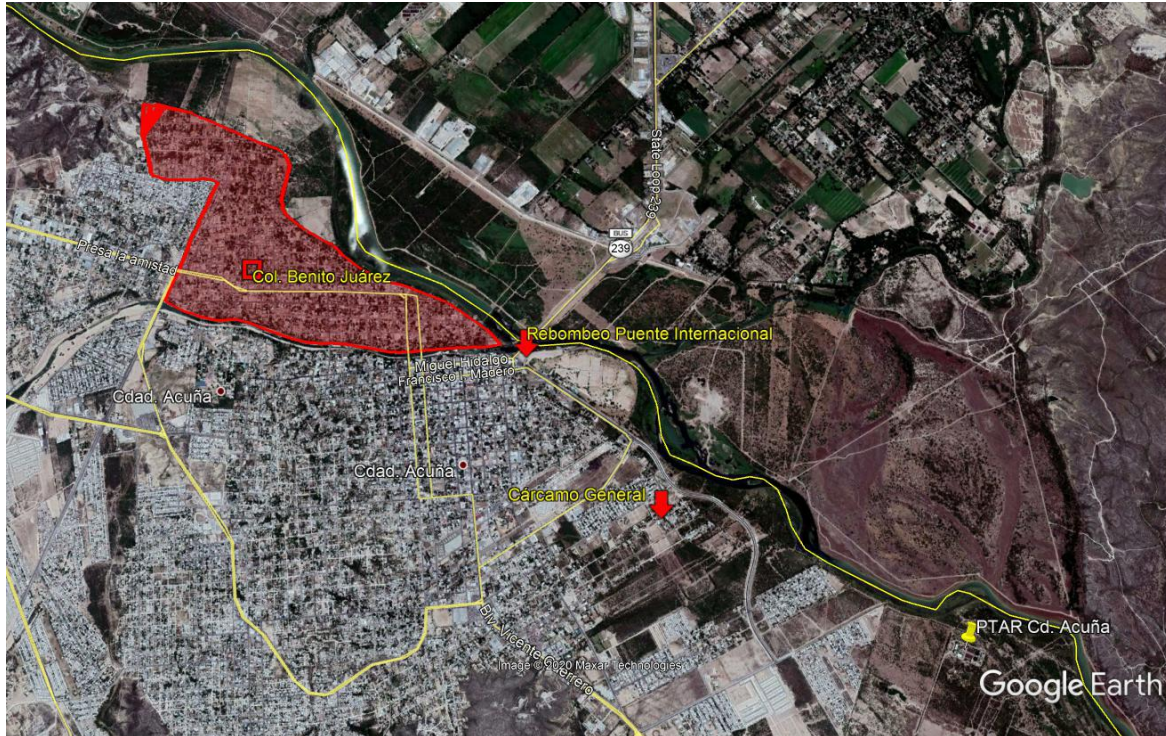
2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento.

2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil.

El equipamiento, instalaciones e infraestructuras que han rebasado su vida útil requieren reemplazarse de manera prioritaria o en el corto plazo. Como fue establecido en el apartado 2.1.3, se necesita sustituir cerca de 100 km de tubería del sistema de drenaje que se encuentra en mal estado y que ha rebasado su vida útil. Por ejemplo, la red de atarjeas de la colonia Benito Juárez. Sin embargo, para tener la certeza de las cantidades de obra y un programa ordenado para llevar a cabo el citado reemplazo, es necesario ejecutar acciones de revisión y diagnóstico de la red de drenaje y alcantarillado.

En varios espacios previos se ha citado que el Rebombeo Puente Internacional y el Cárcamo General, ambas estaciones de bombeo de aguas residuales de Ciudad Acuña, requieren de rehabilitación, pero, sobre todo, de cambio en los equipos de bombeo, cuatro equipos, en el primer caso, y seis bombas en el segundo caso, pues su vida útil ha sido rebasada. En la ilustración 19 se presenta la colonia Benito Juárez de Ciudad Acuña, donde es preciso cambiar tuberías de drenaje y la ubicación del Rebombeo Puente Internacional y Cárcamo General.

Ilustración 19. Localización de la colonia Benito Juárez, Rebombeo Puente Internacional y Cárcamo General.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada.

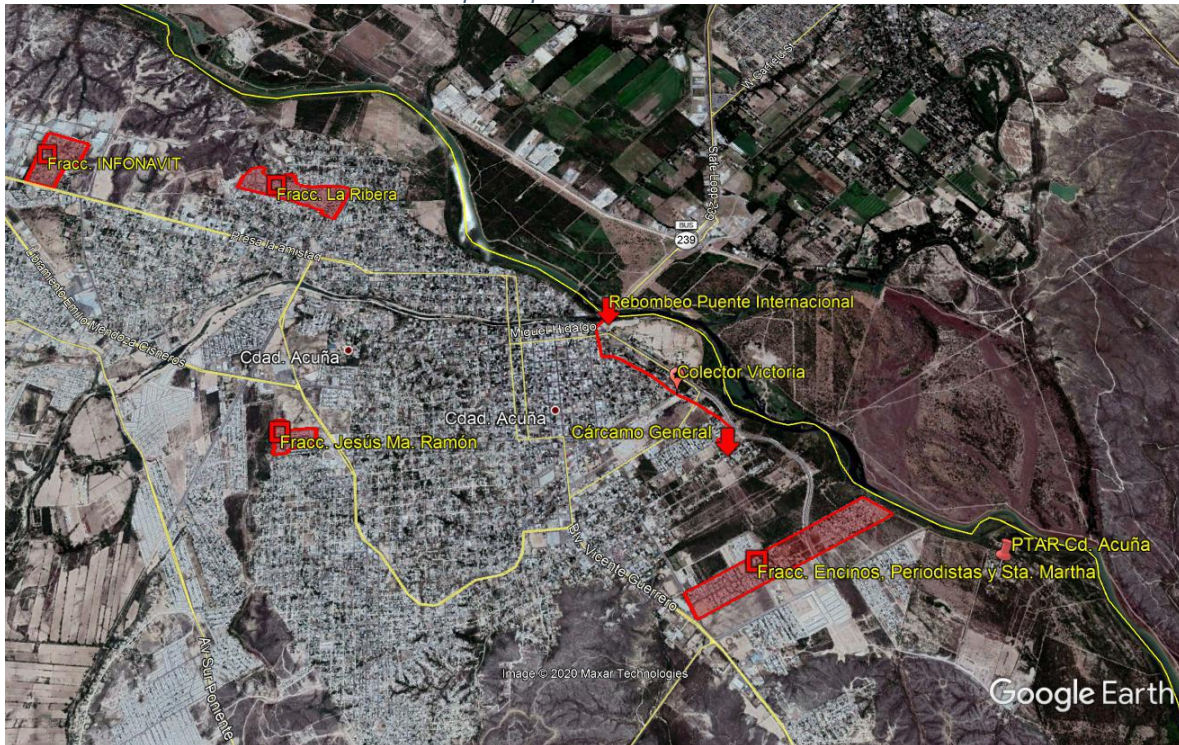
El SIMAS Acuña, a través de su operación diaria, y considerando algunas labores de ingeniería previas, ha identificado varios elementos de la infraestructura de la red de drenaje que requieren ser rehabilitados o sometidos a un mantenimiento mayor en el corto plazo (2022–2024):

- Rehabilitación del cárcamo de aguas residuales Rebombeo Puente Internacional.
- Rehabilitación del cárcamo de aguas residuales Cárcamo General.
- Rehabilitación de la actual PTAR.
- Rehabilitación del colector Victoria
- Rehabilitación en fraccionamientos Encinos, Periodistas y Santa Martha; incluye red de atarjeas y descargas sanitarias.
- Rehabilitación de la red de atarjeas en fraccionamientos La Rivera, INFONAVIT y Jesús María Ramón.

En cuanto a la PTAR, se estima necesaria esta labor, a fin de incrementar su eficiencia y capacidad operativa, y ante la incertidumbre por la situación de las instalaciones, debido al término del contrato de concesión en septiembre del 2020.

En la ilustración 20 se identifican las instalaciones que requieren rehabilitación.

Ilustración 20. Ubicación de instalaciones que requieren ser rehabilitadas en Ciudad Acuña.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

2.2.3 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR.

De los análisis ejecutados previamente en el apartado 2.1.4, se determinó que no existe la necesidad de incrementar la capacidad de bombeo de las estaciones Rebombéo Puente Internacional y Cárcamo General. Sin embargo, en el caso de la infraestructura de bombeo, se ha establecido la necesidad de cambiar los equipos, pues presentan altos consumos de energía eléctrica y baja eficiencia de bombeo, lo cual implica extender los horarios de operación. Lo anterior en virtud de que los equipos han llegado al término de su vida útil. Es necesario cambiar las cuatro bombas del cárcamo Rebombéo Puente Internacional y las seis bombas del Cárcamo General.

De manera similar a la descripción previa, en el apartado 2.1.5 se presentaron los argumentos técnicos para llevar a cabo un incremento en la capacidad de saneamiento, ya fuera ampliando la actual PTAR o bien construyendo una obra de infraestructura adicional en un sitio por seleccionar.

Se estableció que de manera adicional al incremento esperado de generación de aguas residuales y, por tanto, de tratamiento de las mismas, las obras de sustitución de drenaje, reequipamiento y rehabilitación de las dos estaciones de bombeo, citadas previamente, se lleven a cabo, lo que aumentará las necesidades de tratamiento actual. Para responder a la demanda del corto plazo (2022–2024), es necesario incorporar al servicio una instalación adicional de 250 lps, pues se estima que para febrero de 2025 se llegue al 100 % de la capacidad instalada de la PTAR actual.

En las figuras 21 y 22 es posible observar la ubicación del Rebombéo Puente Internacional, Cárcamo General y la actual PTAR.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.

En los tres apartados anteriores se han descrito diferentes elementos del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Ciudad Acuña que es necesario reemplazar por que han superado su vida útil, como el cambio de tubería antigua y en mal estado en la colonia Benito Juárez y el reequipamiento de las bombas, tanto en el Rebomero Puente Internacional, como en el Cárcamo General. Se han establecido elementos de la infraestructura que es necesario rehabilitar, como la infraestructura de las citadas estaciones de bombeo o el colector Victoria, además de la red de atarjeas de la colonia La Estrella y los fraccionamientos La Rivera, INFONAVIT, Encinos, Periodistas, Sta. Martha y Jesús Ma. Ramón, así como la construcción del colector Parque Internacional y la ampliación del colector Fundadores, e incrementar la capacidad de tratamiento de la actual PTAR en un 50 % (250 Ips), a fin de responder a los requerimientos de tratamiento de aguas residuales para febrero del 2025.

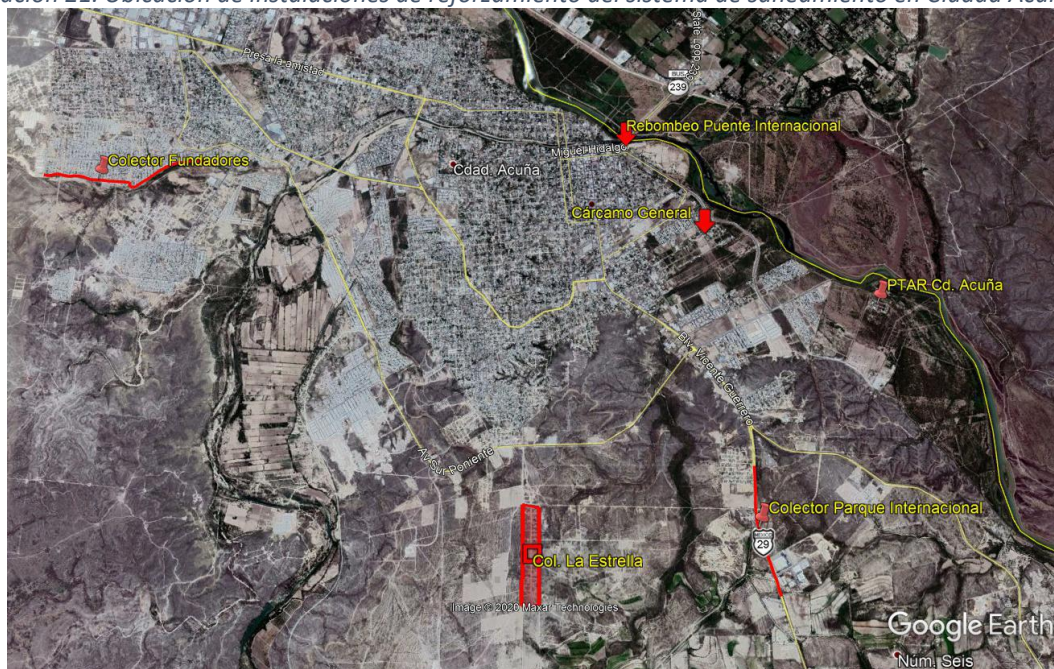
Las expectativas de crecimiento de la población hacia las zonas NW, W y SSE implican la necesidad de ampliar la infraestructura actual en el mediano plazo, así como incrementar la capacidad de tratamiento de aguas residuales a través de la adición de un módulo complementario a la nueva PTAR.

En las figuras 21, 22 y 23 es posible observar la ubicación de la totalidad de las instalaciones consideradas como parte del reforzamiento del sistema de saneamiento en general.

2.2.5 Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos).

El sistema actual de tratamiento biológico (oxidación bioquímica con biomasa suspendida), que aplica un sistema basado en lodos activados, en su modalidad de aireación extendida, cumple con los requerimientos normativos.

Ilustración 21. Ubicación de instalaciones de reforzamiento del sistema de saneamiento en Ciudad Acuña.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La PTAR no tiene digestores, ya que este sistema de tratamiento tiene grandes tiempos de retención hidráulica y los lodos salen estabilizados. Para el correcto funcionamiento de la planta se cuenta con las instalaciones necesarias de administración y control.

El tratamiento y manejo actuales de los lodos son adecuados, incluyendo la disposición final de estos, la cual se lleva a cabo en el Relleno Sanitario Municipal, como fue establecido en el apartado 1.2.4. El Relleno Sanitario de Acuña, a cargo de la empresa Promotora Ambiental de la Laguna, S.A. de C.V. (PASA), ubicado en el kilómetro 6 de la carretera a Santa Eulalia, a 16.50 kilómetros en línea recta, al WNW de la PTAR, en donde se emplea como material de cobertura intermedia, como parte del proceso de manejo de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad.

2.2.6 Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.

En los apartados previos 1.1.4.1 Políticas de Operación; 1.2.2 Pertinencia de los Manuales y Políticas de Operación, se estableció que no obstante que dichos lineamientos son solicitados en la LAMECZ, no se cuenta con manuales ni con políticas formales de operación, tan sólo con lineamientos de carácter técnico-operativo y práctico, dirigidos a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ, con base en la experiencia del personal a cargo, quienes cuentan con amplia trayectoria en el servicio, el perfil técnico requerido y la capacitación necesaria.

A partir de lo anterior, es necesario desarrollar y establecer de manera formal los Manuales y Políticas de Operación del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento, incluyendo la estructura y especificaciones para la elaboración sistemática de los programas de operación y mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3 Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región.

3.1 Planteamiento de alternativas.

Durante el mes de julio del 2020 se llevaron a cabo un par de reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Ciudad Acuña, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Ciudad Acuña y los retos y necesidades a los que deberá enfrentarse en el futuro. De igual forma, en dichas reuniones fueron planteadas y analizadas alternativas para solucionar los problemas identificados y su distribución en el tiempo, de acuerdo con la prioridad de atención.

Es relevante establecer que, en la totalidad de los casos, el desarrollo de ingeniería de las alternativas planteadas es a nivel de anteproyecto, por lo que, si bien se cuenta con elementos de dimensionamiento que permiten estimar costos y algunos criterios previos, los aspectos técnicos y económicos propios de una ingeniería de detalle no han sido desarrollados. De hecho, y en congruencia con lo anterior, en todos los casos las alternativas consideran la elaboración del proyecto ejecutivo respectivo, y en ocasiones incluso los trabajos de selección de sitio; por ejemplo, en el caso de la nueva PTAR.

Se destaca que las obras y acciones planteadas tienen en común el impacto directo transfronterizo hacia Estados Unidos, lo cual fue uno de los criterios más importantes para llevar a cabo la priorización, de manera paralela a la necesidad de la comunidad local.

3.1.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

El proceso de sustitución, reemplazo o rehabilitación de algún tramo de sistema de alcantarillado se presenta cuando se identifican problemas en las líneas, o bajo otras circunstancias; es preciso ampliar una instalación hacia zonas que requieren del servicio de drenaje, ya sea de red primaria o secundaria.

Estas redes o líneas de tubería se localizan regularmente en las calles y avenidas de la zona urbana o suburbana, por lo que la menor afectación se presenta realizando el cambio de tubería en el mismo lugar, sin variar la geometría o dirección. Para el caso de trabajos de sustitución, reemplazo o rehabilitación, el manejo de alternativas se refiere al tipo de materiales de la tubería por emplear (por ejemplo, fibrocemento, poliéster reforzado con fibra de vidrio, PVC, concreto, polietileno de alta densidad o con refuerzo de acero, ya sea corrugada o lisa, etcétera), y en cuanto a particularidades en el procedimiento constructivo inherente al tipo de terreno y tubería por instalar.

Es probable que se presenten algunas alternativas de carácter geométrico, principalmente en las ampliaciones de colectores y las líneas a presión, cuando se lleve a cabo el proceso de selección del sitio para la nueva PTAR y se plantee la redistribución de áreas de influencia por estación de bombeo. Sin embargo, para estos casos siempre se optará por aquella alternativa que genere la menor afectación a la población y represente la longitud más corta, considerando igualdad en cuanto al tipo y características de la tubería por emplear.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para resolver la problemática identificada en los sistemas de drenaje y alcantarillado, y atender las necesidades futuras de servicio, fueron definidos siete proyectos de alcantarillado y atarjeas y seis proyectos de rehabilitación, ampliación y construcción de colectores.

- Red de atarjeas en la colonia Estrella (6.20 km).
- Red de atarjeas en la colonia Benito Juárez (primera etapa: 22.50 km).
- Red de atarjeas en fraccionamientos Los Encinos, Periodistas y Santa Marta (7.30 km).
- Red de atarjeas en fraccionamiento La Rivera (6.70 km).
- Red de atarjeas en fraccionamiento INFONAVIT (3.90 km).
- Red de atarjeas en fraccionamiento Jesús Ma. Ramón (1.40 Km).
- Red de atarjeas en la colonia Benito Juárez (segunda etapa: 7.50 km).
- Colector Victoria (1.25 km).
- Colector Parque Internacional (1.60 km).
- Colector Fundadores (2.50 km).
- Subcolector La Yegua (1.60 km).
- Colectores en zonas de crecimiento NW, W y SSE de la mancha urbana actual (25 km).
- Colectores en espacios no poblados en la zona urbana actual (20 km).

Sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados; en todos los casos se consideraron por lo menos dos opciones en cuanto al procedimiento constructivo. La alternativa 1, que considera la instalación de la tubería seleccionada (material y diámetro) mediante zanjas excavadas a cielo abierto, conservando el trazo previo, y alternativa 2, que considera la instalación de tubería de polietileno de alta densidad (con o sin refuerzo de acero), exclusivamente, y empleando el método de perforación direccional.

Conforme el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario de la CONAGUA (2012), el procedimiento de la **alternativa 1** consiste en seis etapas:

Etapa I. Trazo y excavación de zanjas. Por medio de un control topográfico se realizará el trazo del eje del colector conforme a los planos ejecutivos de proyecto, controlando el alineamiento y la profundidad de excavación, según los niveles de arrastre que marca el proyecto ejecutivo. Una vez teniendo el trazo del eje del colector, se procederá a realizar, en el caso de que se tenga, el corte y demolición de pavimentos, adoquín y empedrado. Posteriormente se hará la excavación, la cual deberá tener un ancho no menor al indicado en el proyecto. Se efectuará la excavación hasta su profundidad máxima, según los niveles de arrastre que marcan los planos ejecutivos, más el espesor correspondiente a la plantilla; las paredes de los cortes de la excavación terminarán con una inclinación “talud”.

Etapa II. Plantilla de arena. Una vez que se haya realizado la excavación, se procederá a construir la plantilla o cama de arena, con el fin de facilitar el acomodo de la tubería y generar una superficie tal que la carga transferida por el tubo al suelo de cimentación sea uniforme; la cama deberá conformarse con arenas finas a medias bien graduadas en estado suelto, con un espesor de acuerdo con el diámetro.

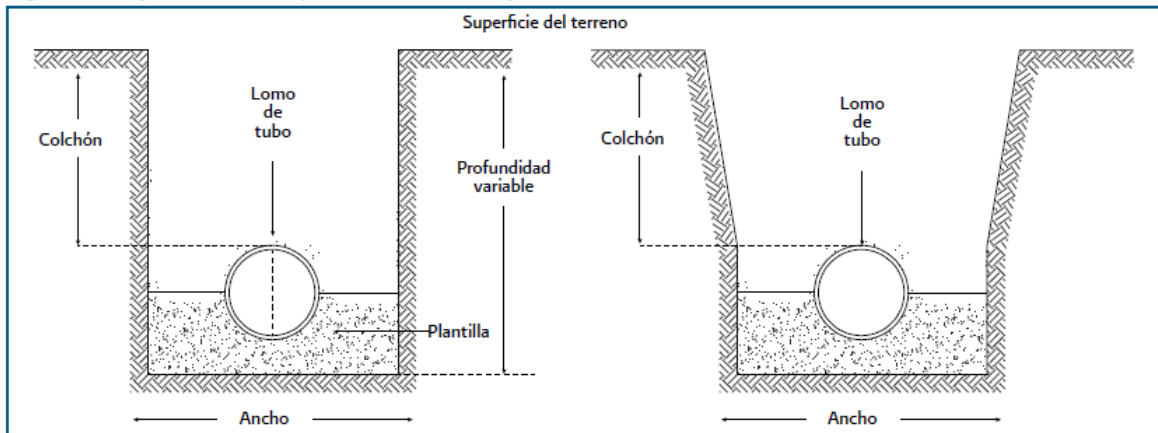
Etapa III. Instalación de la tubería. La colocación, instalación, pegado, accesorios, tipo y diámetro del tubo, así como las especificaciones de construcción y la resistencia de los materiales a utilizar,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

serán los que se especifican en los planos ejecutivos del proyecto. La tubería se colocará con la campana o la caja de la espiga hacia aguas arriba, y se empezará su colocación de aguas abajo hacia aguas arriba. Los tubos serán unidos entre sí, según las recomendaciones del fabricante de la tubería, y según lo fije el proyecto o la Supervisión.

Ilustración 22. Elementos que conforman la excavación en zanja.



Fuente: Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario de la CONAGUA. 2012.

Etapa IV. Construcción de pozos de visita. Son los elementos en las redes de alcantarillado que tienen por objeto la unión de líneas, los cambios de dirección, la inspección, la limpieza y control de flujo de las mismas. Terminada la excavación se afinará la superficie del fondo y se construirá una plantilla de concreto pobre. Posteriormente se procederá a construir los pozos, de acuerdo con los planos diseños establecidos en el proyecto ejecutivo respectivo, y en apego a los lineamientos técnicos y operativos de la Subgerencia de Planeación y Proyectos del SIMAS Acuña.

Etapa V. Relleno acostillado. El acostillamiento de la tubería es el apisonado que se efectúa encima, a los lados y por debajo de las tuberías, con el objeto de dar un encamado correcto a todo alrededor de la tubería; se efectuará hasta 30 centímetros por encima del lomo del tubo.

Etapa VI. Relleno de excavación. Sobre el acostillado se colocará el suelo de relleno, para lo cual se podrá utilizar el suelo producto de la excavación, el cual se pondrá en capas de 20 cm, como máximo, compactándolas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel del terreno. El espesor del suelo de relleno sobre el lomo del tubo no deberá ser menor a los 90 cm. En la reposición de pavimento empedrado o adoquinado se procurará utilizar el material producto de la ruptura que no haya sufrido daños; todo el material nuevo deberá ser de la misma clase y característica que el del original, debiendo quedar al mismo nivel, evitando la formación de topes o depresiones, por lo que la reposición se hará una vez que el relleno de las zanjas tenga el grado de compactación especificado, o lo que marque el proyecto.

El método constructivo de la **alternativa 2**, instalación de tubería de PEAD, empleando el método de perforación direccional, consiste en la realización de un orificio mediante un taladro; este taladro dirigido se denomina “perforación piloto”, por su carácter de ser conducido, y constituye el trazado y camino base, para su posterior ensanchado mediante sucesivos repasos interiores con herramientas tipo fresas, de diámetros progresivamente crecientes. La



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

perforación se inicia desde una pequeña ranura en la superficie del terreno, en la que se introduce una varilla que en su frente sostiene la cabeza de perforación, de características adecuadas al tipo de suelo que se va a perforar. Mediante los movimientos de empuje y rotación se van introduciendo varillas, que son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación, combinando, controlada y adecuadamente, ambos movimientos, que se proporcionan desde la máquina. Para facilitar la perforación se utilizan lodos constituidos por la dilución de arcillas bentoníticas, “bentonita”, que son inyectados a alta presión y adecuado caudal, por el interior de las varillas y hasta el cabezal de perforación.

Por representar una menor cantidad de afectaciones a la comunidad y al tránsito de personas y vehículos, ejecutarse en menor tiempo e implicar costos más bajos, el procedimiento de la alternativa 1, instalación de tubería mediante zanjas excavadas a cielo abierto, conservando el trazo previo, representa la mejor alternativa.

3.1.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

De manera similar al apartado anterior, las estaciones de bombeo difícilmente podrían cambiarse de ubicación, pues al margen de las afectaciones de carácter ambiental, social y urbano, estas se ubican con regularidad dentro de predios que pertenecen al organismo operador, a menos que las labores de reposición se realicen en terrenos alternos, cuya propiedad también sea del ente operador y, en términos de costos y funcionamiento integral, represente una mejor opción.

Es probable que se presenten algunas alternativas, principalmente en cuanto a su ubicación, cuando se defina la redistribución de áreas de influencia actuales, a partir de la ubicación de la nueva PTAR, y se incorporen las nuevas zonas.

Para resolver la problemática identificada en las plantas o estaciones de bombeo de aguas residuales, y atender las necesidades futuras de servicio, fueron definidos dos proyectos.

- Rehabilitación del cárcamo de aguas residuales Rebombeo Puente Internacional, y sustitución de equipos de bombeo (cuatro bombas).
- Rehabilitación del cárcamo de aguas residuales Cárcamo General, y sustitución de equipos de bombeo (seis bombas).

Sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados; en todos los casos se consideraron por lo menos dos opciones.

En cuanto a las actividades por desarrollar, como parte de la rehabilitación de ambas estaciones de bombeo de aguas residuales, no se identificaron diferentes alternativas, pues aun cuando no se cuenta con un proyecto ejecutivo, se estima que en ambos casos las labores por ejecutar consisten en por lo menos las siguientes acciones: limpieza de paredes internas y desazolve de cárcamo; restitución de cubierta de concreto en zonas erosionadas o exposición de acero estructural; tratamiento impermeabilizante de paredes internas; limpieza, restitución de elementos y pintura de instalaciones exteriores (rejillas desarenadores, canales y compuertas) y, en la parte eléctrica, cambios en acometida, cableado y tableros de control.

En el caso de los equipos de bombeo, las opciones que se identificaron corresponden principalmente a marcas de equipos y sus características operativas, en las cuales se dará



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

preferencia a equipos con representación local, regional o nacional, principalmente, considerando las acciones de mantenimiento y compostura.

La alternativa 1 considera la compra e instalación de equipos de bombeo de marcas nacionales y americanas con representación en el mercado nacional, como por ejemplo ALTAMIRA, AQUAPAK, GRUNDFOS, GRAINGER, PULSAFEEDER, EVANS, FLOTEC, entre otras.

La alternativa 2 considera la compra e instalación de equipos de bombeo de marcas extranjeras no americanas, con representación en el mercado nacional, aunque limitada, por ejemplo: EBARA (Japón), IHM (Colombia), FAIRBANKS (Países Bajos), POMPETROVAINI (Italia) y PEDROLLO (Italia).

Bajo las condiciones descritas, se considera que la alternativa 1 presenta mayores ventajas, respecto de la opción propuesta en la alternativa 2.

3.1.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

En primer término, se analizan las alternativas para llevar a cabo los trabajos de rehabilitación general de la actual PTAR, incluyendo la ejecución de un diagnóstico integral, tanto operativo y funcional, como del estado de los componentes de la infraestructura, en vista del término de la concesión con la que opera actualmente la instalación.

Las dos alternativas planteadas y analizadas consideran de manera íntegra los mismos componentes, dando atención a los siguientes elementos:

- Obra de llegada a la PTAR (donde se reúnen los diferentes colectores de entrada).
- Canales de pretratamiento (desbaste de gruesos, desbaste de finos, desengrasado).
- Canal de reparto a tratamiento biológico y cámara anóxica.
- Reactores biológicos y sistemas de aireación de reactores.
- Unidades de control de proceso.
- Recirculación y purga de lodos.
- Decantación secundaria.
- Salida de agua tratada y desinfección.
- Espesador de lodos y sistema de preparación y de deshidratación de lodos.
- Edificios técnicos y sala de control.

La diferencia entre las alternativas radica en la forma en que se plantea su ejecución, pues la alternativa 1 considera que las labores se lleven a cabo a través de la administración directa y dirección técnica y operativa del SIMAS Acuña. La alternativa 2 plantea que la totalidad de los trabajos se ejecuten por medio de una empresa privada, donde el organismo operador sólo ejecuta labores de supervisión. La Gerencia General y el Área Técnica y Operativa del SIMAS Acuña estiman que cuentan con la capacidad para ejecutar la labor de rehabilitación general de la PTAR, por lo que consideran la alternativa 1 como la mejor opción, pues no sólo implica un menor costo, sino que además significaría un aprendizaje, tomando en cuenta la responsabilidad que tendrán al asumir la operación de la PTAR a partir de finales de septiembre del 2020.

En segundo término, se analizan las alternativas para llevar a cabo la construcción de una nueva PTAR, la cual deberá asegurar la cobertura de saneamiento al 100 % para el horizonte de planeación



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

al 2050, y cuyo primer módulo debe ser de 250 lps, y además la calidad del efluente debe cumplir con los mismos lineamientos normativos actuales.

Teniendo definidos los datos básicos y la capacidad de la planta de tratamiento, se procedió a elegir un sistema de tratamiento de aguas residuales, desde sistemas mecanizados hasta biológicos, ya sea naturales o mixtos. Cada uno de estos sistemas proporciona diferentes niveles de saneamiento, primario, secundario o avanzado; la elección de un tipo de sistema está en función de variables, tanto técnicas, económicas, sociales y ambientales, dependiendo del aprovechamiento al que se destinará el agua tratada.

Los factores tomados en cuenta en la definición de alternativas fueron los siguientes:

- Calidad del agua residual cruda.
- Calidad necesaria de agua tratada y las eficiencias de tratamiento a obtener y uso de agua tratada.
- Normas NOM-001-SEMARNAT-1996 en el presente proyecto, o condiciones particulares de descarga que deben ser cumplidas, y la seguridad de que con su funcionamiento la planta pueda cubrirlos en las estaciones del año.
- Reúso de agua tratada.
- Las exigencias del cuerpo receptor donde se descargan los caudales tratados en los meses del año cuando no se hace riego.
- La disponibilidad del terreno para la construcción de la planta y su cercanía a la mancha urbana.
- Aspectos sociales, económicos y ambientales de la ciudad y de la experiencia en manejo de agua.

Se analizaron seis sistemas de tratamiento: uno natural (lagunas de estabilización) y cinco mecanizados (lodos activados convencional, aireación extendida, zanjas de oxidación, filtros biológicos y tipo carrusel).

Como parte de la evaluación se consideraron aspectos económicos, financieros, operativos, ambientales y sociales.

Todos los sistemas de tratamiento propuestos fueron dimensionados para cumplir con las exigencias de las NOM-001-SEMARNAT-1996, para un cuerpo receptor tipo C, aun cuando no todos pueden alcanzar la calidad de agua tratada que se tiene en la planta actual.

Empleando indicadores de costo, se determinó que el costo más bajo por m³ corresponde a las lagunas de estabilización; el problema es que se requiere una superficie de terreno relativamente grande. El sistema no tiene las eficiencias tan altas como las del sistema de tratamiento existente; se tienen variaciones de sus funcionamientos, debido a que depende de los factores climáticos, principalmente de la temperatura del ambiente.

Los filtros biológicos, con costo de 0.92 \$/m³, es un buen sistema de tratamiento, pero con eficiencias menores a las de la planta actual, posibles malos olores y mosquitos y, por lo mismo, pueden generarse problemas ambientales y sociales, y más aun con su cercanía a la frontera con EUA.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los lodos activados convencional, con un costo de 1.15 \$/m³ presenta el inconveniente de requerir más terreno que los otros sistemas mecanizados; tiene un sistema de oxidación diferente de los otros sistemas de lodos activados y, por lo mismo, se carece de experiencias en el manejo de agua y lodos. El tratamiento de aireación extendida tiene un costo de 1.25 \$/m³, pero garantiza la obtención de los valores de calidad requeridos, al margen de ser el sistema que emplea la PTAR actual.

3.1.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

Al margen del reúso actual de las aguas tratadas en las instalaciones de las termoeléctricas de la CFE (José López Portillo o Carbón I y Carbón II), no se cuenta con proyectos adicionales relacionados con el reúso del agua tratada.

3.1.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Ciudad Acuña, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras relacionadas con la red de alcantarillado, atarjeas, drenaje y colectores.

No obstante, el SIMAS Acuña ha planteado el requerimiento de desarrollar un proyecto que es posible incluir en la clasificación de infraestructura complementaria, pues su objeto es proteger al colector marginal del arroyo Las Vacas de los deslaves del terreno natural que pueden provocar el colapso de las juntas de unión de espiga-campana de la tubería; la finalidad de la obra es dar mayor estabilidad y operación segura a la citada infraestructura.

Para prevenir y solventar el riesgo, identificado en el colector marginal Las Vacas, y asegurar su correcto funcionamiento, actual y futuro, fue definido un proyecto y la obra de protección correspondiente para la citada instalación.

Sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados, se consideraron por lo menos dos opciones en cuanto al procedimiento constructivo: la alternativa 1, que considera la construcción de las estructuras de protección mediante el procedimiento tradicional de elementos trapezoidales a base de tabiques, con base y uniones de concreto armado y repellado de concreto; y la alternativa 2, que considera la elaboración de la estructura completa en una pieza de concreto armado, con cimbrado de madera hecho en obra, al igual que el concreto, con $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo.

3.2 Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia.

En general, en términos de infraestructura y, en particular, en cuanto a los sistemas de alcantarillado, drenaje y saneamiento, la resiliencia es la capacidad del sistema para soportar eventos extraordinarios (disruptivos de carácter natural y antropogénico), que causan que este falle en al menos una parte.

En otras palabras, la resiliencia se hace presente cuando la infraestructura mantiene un nivel mínimo de funcionalidad ante una situación adversa y esta se recupera en un tiempo corto y con un costo razonable (Gay Alanís, 2017).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Existen cuatro características (4R) que hacen que un sistema sea resiliente (Bruneau, 2003):

- 1R. Resistencia: capacidad de un sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento de no colapsarse totalmente ante una falla, sino conservar un mínimo necesario de funcionamiento.
- 2R. Redundancia: que el Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento tenga suficientes redundancias (respaldos), para evitar que haya cuellos de botella o elementos que puedan causar la falla completa.
- 3R. Recursos: no únicamente para atender una emergencia (tales como presupuestos, repuestos y personal), sino también las estrategias de improvisación y adaptación de soluciones temporales que sostengan el funcionamiento del sistema de agua potable y saneamiento.
- 4R. Rapidez: la tasa a la cual se recupera la funcionalidad del sistema.

Para el dimensionamiento de las alternativas, para cada uno de los proyectos, se aplicaron los tres primeros criterios, referentes a la resistencia, redundancia y recursos, con base en la experiencia y conocimiento de la problemática del Sistema de Alcantarillado, Drenaje y Saneamiento, por parte del personal técnico del SIMAS Acuña, en vista de no contar con proyectos ejecutivos e ingeniería de detalle.

El desarrollo de los proyectos y obras de alcantarillado, drenaje y saneamiento en Ciudad Acuña, se realiza tomando como base diversos lineamientos de carácter técnico y reglamentario, incluyendo los criterios de diseño y construcción de la Subgerencia de Proyectos Especiales y Construcción del SIMAS Acuña, Reglamento Interior del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento (SIMAS Acuña), el Reglamento de Ecología Municipal y el Reglamento Limpia y Recolección de Basura para el Municipio de Acuña, así como el Plan Director de Desarrollo Urbano y el Atlas de Peligros y Riesgos del Municipio de Acuña, además del Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario, desarrollado por la CONAGUA (2012).

Considerando de manera integral los documentos citados, es posible establecer medidas que lleven a evitar problemas operativos y funcionales del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Acuña, asociados a eventos extraordinarios de carácter natural, principalmente lluvias e inundaciones y las contingencias relacionadas con las actividades antropogénicas. Complementariamente se ha considerado la participación ciudadana.

En general, el dimensionamiento de alternativas de los diferentes componentes del sistema de saneamiento considera para las acciones prioritarias y de corto plazo conservar las medidas, capacidades, potencias y características de las instalaciones y equipamientos actuales; y para el mediano y largo plazo, llevar a cabo las adecuaciones dimensionales de acuerdo con el crecimiento de la demanda para cada caso; por ejemplo, incrementando la red de atarjeas, ampliando el diámetro de colectores a 30", elevando la capacidad de bombeo, tanto en el Rebombéo Puente Internacional, como en el Cárcamo General hasta en 75 HP, e incorporando una nueva PTAR de 250 lps, en su primer módulo, para sanear el aumento en las aguas residuales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.

Para dimensionar las alternativas de los siete proyectos de rehabilitación y ampliación de la red de atarjeas, y seis proyectos de construcción, rehabilitación y ampliación de colectores, establecidos en el apartado 3.1.1, con la finalidad de atender la problemática actual en los sistemas de drenaje y alcantarillado y responder a las necesidades futuras de servicio, se tomaron como base los lineamientos de carácter técnico y reglamentario citados de manera previa, principalmente los criterios de diseño y construcción de la Subgerencia de Proyectos Especiales y Construcción del SIMAS Acuña, el Reglamento de Ecología Municipal y el Atlas de Peligros y Riesgos del Municipio de Acuña, así como el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario desarrollado por la CONAGUA.

En todos los casos el dimensionamiento de alternativas consideró diámetros de tubería, iguales o mayores a los existentes, conforme los flujos esperados a un nivel de saturación, respecto de su área de influencia, para el caso de atarjeas entre 4" y 6"; y en el caso de colectores, de entre 12" y 30". Como fue establecido en el apartado 3.1.1, la diferencia entre alternativas se encuentra en el procedimiento constructivo.

Con base en lo establecido en el artículo 57 y en el capítulo V, sección I del Reglamento de Ecología Municipal, están prohibidas aquellas acciones que generen algún tipo de afectación al Sistema de Drenaje y Saneamiento, ya sea por la acción inducida por un evento natural extraordinario o por su intervención directa de una persona.

El dimensionamiento de la rehabilitación de atarjeas y descargas domiciliarias, así como de la ampliación y rehabilitación de colectores y red primaria de alcantarillado en Acuña, considera los lineamientos reglamentarios citados, los cuales fueron establecidos tomando criterios de resiliencia ante los fenómenos naturales extraordinarios y las actividades antropogénicas riesgosas.

3.2.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

Al igual que en el caso de colectores y redes de atarjeas, y como fue citado en el apartado 3.1.2, ante la falta de un proyecto ejecutivo e ingeniería de detalle, el dimensionamiento de las alternativas para llevar a cabo la rehabilitación y sustitución de equipos de bombeo del cárcamo Rebombeo Puente Internacional y del Cárcamo General, se realizó con base en la experiencia y conocimiento de la problemática del Sistema de Alcantarillado, Drenaje y Saneamiento, por parte del personal técnico del SIMAS Acuña, los lineamientos de carácter técnico y reglamentario y los criterios de diseño y construcción, establecidos en los instrumentos citados en los dos apartados previos.

Considerando la proyección de agua residual susceptible de requerir saneamiento, establecida en la tabla 8, y que representan las necesidades de bombeo futuro, se establece que para el término del mediano plazo (2030), la demanda de capacidad de bombeo, tanto del Rebombeo Puente Internacional, como del Cárcamo General, se incrementará un 25 %, y para el 2050 el aumento será del 35 %, respecto de la demanda actual, es decir 110.63 lps y 168.81 lps, respectivamente, contando con un margen de maniobra del 10 % en promedio (15.27 lps) ante situaciones contingentes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

En vista de que la rehabilitación general de la actual PTAR no implica la ampliación de la capacidad instalada de la infraestructura de saneamiento, los criterios de dimensionamiento, considerando criterios de resiliencia, sólo están inmersos en la acción preventiva de la operación de la instalación ante el término de la concesión con la que se ha estado operando durante los últimos 22 años. La rehabilitación general, incluyendo el diagnóstico integral, tiene como finalidad que el proceso de saneamiento continúe sin interrupciones, no obstante, el cambio de responsabilidad operativa y administrativa.

En los criterios de diseño y construcción de la Subgerencia de Proyectos Especiales y Construcción del SIMAS Acuña, y en el Reglamento de Ecología Municipal de Acuña, se prohíbe la combinación de aguas pluviales y aguas residuales y la descarga de desagües pluviales en el drenaje sanitario. Lo anterior significa que a la PTAR sólo deberían de llegar aguas de naturaleza residual. Tampoco se permite la dilución, y estos fundamentos son empleados para el dimensionamiento de alternativas ante la falta de un proyecto ejecutivo e ingeniería de detalle; sin embargo, con base en la experiencia y conocimiento de la problemática del Sistema de Alcantarillado, Drenaje y Saneamiento, por parte del personal técnico del SIMAS Acuña, todas las alternativas planteadas en el apartado 3.1.3 tomaron en cuenta el manejo de un volumen adicional contingente de hasta un 10 %, en virtud de las filtraciones de agua que pueden incrementar el caudal de llegada a la PTAR a causa de eventos climatológicos extraordinarios o de naturaleza eventual y contingente.

Con la extensión de colectores e introducción de la red de drenaje en zonas de ampliación urbana, la demanda de tratamiento se acrecentará, por lo que será necesario aumentar la capacidad actual de la PTAR. Estimaciones del SIMAS Acuña y la proyección de los requerimientos de saneamiento de aguas residuales, indican que será necesario un incremento de al menos un 25 % (125 lps) para los primeros meses del 2025, lo cual puede lograrse incorporando una nueva PTAR cuyo primer módulo tenga una capacidad de tratamiento de 250 lps, a fin de atender los requerimientos del corto plazo, y de acuerdo con la proyección de demanda, cubriría también las necesidades para el largo plazo (2035-2050). Para el final del periodo de largo plazo (2050), la proyección de necesidades de saneamiento establece que deberá adicionarse a la nueva PTAR un segundo módulo de 250 lps.

3.2.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con proyectos relacionados con el reúso del agua tratada, alternativos o complementarios al que actualmente se opera.

3.2.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Ciudad Acuña, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

En los criterios de diseño y construcción de la Subgerencia de Proyectos Especiales y Construcción del SIMAS Acuña y en el Reglamento de Ecología Municipal de Acuña se prohíbe la combinación de aguas pluviales y aguas residuales y la descarga de desagües pluviales en el drenaje sanitario. Lo



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

anterior significa que el colector marginal Las Vacas sólo debería conducir aguas de carácter residual, fundamento empleado para el dimensionamiento de su capacidad de conducción y, por tanto, para estimar sus requerimientos de protección y soporte, principalmente en las uniones espiga-campana de la tubería, ante la falta de un proyecto ejecutivo e ingeniería de detalle.

Con base en la experiencia y conocimiento de la problemática del Sistema de Alcantarillado, Drenaje y Saneamiento, por parte del personal técnico del SIMAS Acuña, las alternativas planteadas en el apartado 3.1.5, consideraron el manejo de un volumen adicional contingente de hasta 60 lps (aproximadamente entre el 8 % y 10 %), en virtud de exceso de agua residual por influencia pluvial, que pueda incrementar el caudal de conducción a causa de eventos climatológicos extraordinarios o de naturaleza eventual y contingente, y generar una sobrepresión al sistema de conducción y, por tanto, poner en riesgo las estructuras de protección.

A partir de lo anterior, se estima la colocación de las estructuras de protección, no sólo en las juntas de unión de espiga-campana de la tubería, sino también a la mitad de la longitud de cada tramo de tubería, como mínimo, y a intervalos más cerrados (dos a tres metros) en zonas de cambios de trayectoria y cruces especiales. Lo anterior implica considerar un mínimo de 525 estructuras trapecoidales de protección y un máximo de 675 de las mismas.

3.3 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas.

Como fue establecido anteriormente, durante el mes de julio del 2020 se llevaron a cabo un par de reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Acuña, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Acuña, así como los retos y necesidades a los que deberá enfrentarse en el futuro. En la segunda de dichas reuniones fueron analizadas y evaluadas las alternativas para solucionar los problemas identificados en cuanto a costos de inversión, además de los montos estimados de operación y mantenimiento para los casos aplicables.

Lo anterior sin perder de vista que, en la totalidad de los casos, el desarrollo de ingeniería de las alternativas planteadas es a nivel de anteproyecto, por lo que, si bien se contó con elementos de dimensionamiento para la estimación de costos y algunos criterios previos, los aspectos técnicos y económicos propios de una ingeniería de detalle no han sido desarrollados, pues en todos los casos las alternativas consideran la elaboración del proyecto ejecutivo respectivo.

3.3.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de rehabilitación de atarjeas y descargas domiciliarias, así como de la ampliación, rehabilitación y construcción de colectores en Ciudad Acuña, se consideraron por lo menos dos opciones, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados.

Considerando que en todos los casos se trata de sistemas que operan a gravedad, los costos de operación no existen y se consideran nulos, por lo que en la tabla de evaluación no se expresan. Como excepción a lo anterior, el colector Victoria trabaja a presión entre las estaciones de bombeo de aguas residuales Rebombéo Puente Internacional y Cárcamo General; sin embargo, en este caso



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

los costos operativos están asociados a la primera de las estaciones de bombeo, por lo que, de igual manera a los casos citados al inicio, no se han estimado costos de operación para el colector Victoria.

A continuación, se presenta una tabla de evaluación comparativa de alternativas para cada obra determinada.

Tabla 9 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de colectores y redes de atarjeas.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	O&M anual (miles \$)
Rehabilitación del colector Victoria	1	23,469	2,580
	2	25,000	2,650
Colector Parque Internacional	1	6,942	685
	2	7,350	700
Colector Fundadores	1	5,785	545
	2	6,500	665
Red de atarjeas en la colonia La Estrella	1	17,840	1,685
	2	18,500	1,780
Red de atarjeas en la colonia Benito Juárez (1ra etapa)	1	51,890	5,780
	2	57,850	6,585
Red de atarjeas en los fraccionamientos Encinos, Periodistas y Santa Martha	1	16,392	1,588
	2	17,025	1,610
Red de atarjeas en el fraccionamiento La Riviera	1	15,503	1,483
	2	16,750	1,600
Red de atarjeas en el fraccionamiento INFONAVIT	1	9,024	700
	2	10,100	850
Red de atarjeas en el fraccionamiento Jesús María Ramón	1	3,239	325
	2	3,642	385
Red de Atarjeas en la colonia Benito Juárez (2da etapa)	1	17,297	150
	2	18,500	175
Subcolector La Yegua	1	2,568	247
	2	3,256	356
Ampliación de colectores en zonas de crecimiento NW, W y S-SE mancha urbana actual (2020).	1	175,500	15,335
	2	193,485	17,789
Ampliación de colectores en zonas no pobladas centro, S y W mancha urbana actual (2020).	1	125,500	11,900
	2	130,975	12,560

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

3.3.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de las estaciones de bombeo de aguas residuales Rebombeo Puente Internacional y Cárcamo General, se consideraron por lo menos dos opciones para cada caso, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.

Las opciones se refirieron específicamente al valor de marcas de bombas con características operativas similares. El costo de rehabilitación fue considerado como un valor constante, pues las actividades inmersas son las mismas para cada caso, como fue establecido en el apartado 3.1.2; por tanto, no tienen opciones determinantes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 10 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de estaciones de bombeo.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Rebombeo Puente Internacional	1	8,323	1,200	400	1,600
	2	9,000	1,300	500	1,800
Cárcamo General	1	10,079	1,400	625	2,025
	2	12,800	1,570	750	2,320

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

3.3.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de rehabilitación de la actual PTAR Acuña, y la construcción de la nueva planta, en su primera etapa (250 lps), se consideraron por lo menos dos y tres opciones, respectivamente, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.

Tabla 11 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de ampliación de la actual PTAR.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Rehabilitación actual PTAR	1	75,686	275	200	475
	2	88,125	325	280	605
Nueva PTAR, primera etapa 250 lps	Lagunas	192,000	375	250	625
	Lodos (convencional)	318,850	350	200	550
	Lodos (aireación extendida)	306,200	280	165	445

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

3.3.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con proyectos relacionados con el reúso del agua tratada, alternativos o complementarios al que actualmente se opera.

3.3.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Ciudad Acuña, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras relacionadas con la red de alcantarillado, atarjeas, drenaje y colectores.

Como fue descrito en el apartado 3.1.5, SIMAS Acuña ha planteado el requerimiento de desarrollar un proyecto que es posible incluir en la clasificación de infraestructura complementaria, pues su objeto es proteger al colector marginal del arroyo Las Vacas de los deslaves del terreno natural, que pueden provocar el colapso de las juntas de unión de espiga-campana de la tubería; la finalidad de la obra es dar mayor estabilidad y operación segura a la citada infraestructura.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de las obras de protección del colector marginal del arroyo Las Vacas, se consideraron por lo menos dos opciones, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 12 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de infraestructura complementaria.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Obras de protección colector marginal del arroyo Las Vacas	1	3,235	30
	2	5,000	40

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

3.4 Selección de las alternativas más convenientes.

3.4.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.

Las alternativas seleccionadas para la rehabilitación de atarjeas y descargas domiciliarias, así como de la construcción, ampliación y rehabilitación de colectores y red primaria de alcantarillado en Acuña se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 13 Alternativas seleccionadas de colectores y redes de atarjeas.

Proyecto/obra	Inversión (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Rehabilitación del colector Victoria	23,469	2,580
Colector Parque Internacional	6,942	685
Colector Fundadores	5,785	545
Red de atarjeas en la colonia La Estrella	17,840	1,685
Red de atarjeas en la colonia Benito Juárez (1ra etapa)	51,890	5780
Red de atarjeas en fraccionamientos Encinos, Periodistas y Santa Martha	16,392	1,588
Red de atarjeas en fraccionamiento La Riviera	15,503	1,483
Red de atarjeas en fraccionamiento INFONAVIT	9,024	700
Red de atarjeas en fraccionamiento Jesús María Ramón	3,239	325
Red de atarjeas en colonia Benito Juárez (2da etapa)	17,297	150
Subcolector La Yegua	2,568	247
Ampliación de colectores en Zonas de crecimiento NW, W y S-SE mancha urbana actual (2020)	175,500	15,335
Ampliación de colectores en zonas no pobladas centro, S y W mancha urbana actual (2020)	125,500	11,900

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

Por representar una menor cantidad de afectaciones a la comunidad y al tránsito de personas y vehículos, ejecutarse en menor tiempo e implicar costos más bajos, el procedimiento de la alternativa 1, relativo a la instalación de tubería mediante zanjas excavadas a cielo abierto, conservando el trazo previo, representa la mejor alternativa en todos los casos, tanto para las redes de atarjeas, como para la rehabilitación, ampliación y construcción de colectores y subcolector.

3.4.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

Las alternativas seleccionadas para la estación de bombeo Rebombeo Puente Internacional y Cárcamo General en Acuña, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 14 Alternativas seleccionadas de estaciones de bombeo.

Proyecto/obra	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Rebombeo Puente Internacional	8,323	1,200	400	1,600
Cárcamo General	10,079	1,400	625	2,025

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

En ambos casos se seleccionó la alternativa 1, priorizando marcas de equipos con representación local, regional o nacional, principalmente, considerando las acciones de mantenimiento y compostura. Esta alternativa también incluye equipos de bombeo de marcas americanas con



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

representación en el mercado nacional. Bajo las condiciones descritas, además de presentar un menor costo, se considera que la alternativa 1 presenta mayores ventajas.

3.4.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

Las alternativas seleccionadas para la rehabilitación de la actual PTAR Acuña, y la construcción de la nueva planta, en su primera etapa, se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 15 Alternativas seleccionadas para la rehabilitación de la actual PTAR y 1ra etapa nueva PTAR

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Rehabilitación de la actual PTAR	1	75,686	275	200	475
Nueva PTAR, primera etapa 250 lps	Lodos (aireación extendida)	306,200	280	165	445

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

En cuanto a la rehabilitación general de la actual PTAR, la Gerencia General y el Área Técnica y Operativa del SIMAS Acuña estiman que cuentan con la capacidad para ejecutar la labor de rehabilitación general de la PTAR, por lo que la alternativa 1 fue seleccionada como la mejor opción, pues no sólo implica un menor costo, sino que además significaría un aprendizaje, considerando la responsabilidad que tendrán al asumir la operación de la PTAR a partir de finales de septiembre del 2020.

En cuanto a la nueva PTAR, el tratamiento de aireación extendida, que es la alternativa de tratamiento elegida, tiene un costo de 1.25 \$/m³. La PTAR existente tiene el mismo tipo de tratamiento; por lo tanto, su operación y mantenimiento son conocidos, al igual que el stock de refacciones será similar al de la planta actual.

Con base en el análisis de ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento (aspectos técnico, social y ambiental, por un lado, y costos de inversión en construcción, operación y mantenimiento, por el otro), se propone la solución mediante una planta de tratamiento de lodos activados, en su modalidad de aireación extendida.

Este sistema tiene una alta eficiencia de remoción de contaminantes, además de ser muy compacto, seguro y estable en su funcionamiento. El suministro de aire para el proceso de oxidación puede realizarse mediante aireadores, sopladores y difusores mecánicos. Dado que es el mismo sistema que actualmente se utiliza, su aplicación permitirá emplear algunos componentes existentes, como el cuarto de máquinas. El lugar de construcción recomendado sería adyacente al sitio actual de tratamiento. Sin embargo, se considera que lo más importante es que permitirá seguir con la práctica de tener agua residual tratada que cumple con las exigencias de la USEPA (30/30 mg/L de DBO y SST).

3.4.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con proyectos relacionados con el reúso del agua tratada, alternativos o complementarios al que actualmente se opera.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.4.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Las obras complementarias indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Acuña, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

Para el desarrollo de las obras de protección del colector marginal del arroyo Las Vacas, se seleccionó la alternativa de construir las estructuras de protección mediante el procedimiento tradicional de elementos trapezoidales a base de muros de tabiques, con base y uniones de concreto armado y repellido de concreto, no sólo por ser la opción de menor costo de inversión, sino porque además representa una solución de largo plazo y menores costos de mantenimiento.

Tabla 16 Alternativa seleccionada para infraestructura complementaria.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Obras de protección del colector marginal del arroyo Las Vacas	1	3,235	30

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

3.5 Integración de la cartera de acciones y proyectos.

Como fue citado en los apartados 3.1 y 3.3, durante el mes de julio del 2020 se llevaron a cabo reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Ciudad Acuña, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Ciudad Acuña, así como los retos y necesidades a los que se enfrentará en el futuro. En la última de las reuniones fueron evaluadas, en cuanto a costos de inversión, operación y mantenimiento, las alternativas para solucionar los problemas identificados, así como su priorización en el tiempo, a partir de plazos inmediato, corto, mediano y largo, en un horizonte hasta el año 2050, con la finalidad de integrar una cartera de acciones y proyectos.

En las tablas siguientes (17 a 19) se presenta la cartera de proyecto identificados para el SIMAS Ciudad Acuña, ordenados por prioridad y con base en la temporalidad de aplicación, incluyendo su naturaleza y monto estimado.

Tabla 17 Relación de proyectos prioritarios (2022-2024) SIMAS Ciudad Acuña.

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
1	Rehabilitación del colector Victoria	Proyecto y rehabilitación	Alta	23,470.00
2	Rehabilitación red de atarjeas colonia Benito Juárez. 1ra etapa	Proyecto y rehabilitación	Alta	51,890.00
3	Rehabilitación red atarjeas Fracc. Encinos, Periodistas y Sta. Martha	Proyecto y rehabilitación	Alta	16,390.00
4	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. La Riviera	Proyecto y rehabilitación	Alta	15,500.00
5	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. INFONAVIT	Proyecto y rehabilitación	Alta	9,020.00
6	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. Jesús María Ramón	Proyecto y rehabilitación	Alta	3,240.00



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
7	Rehabilitación red de atarjeas colonia Benito Juárez. 2da Etapa	Proyecto y rehabilitación	Alta	17,300.00
8	Construcción colector Parque Internacional	Proyecto y construcción	Alta	6,940.00
9	Ampliación colector Fundadores	Proyecto y construcción	Alta	5,780.00
10	Ampliación red de atarjeas en colonia La Estrella	Proyecto y construcción	Alta	17,840.00
11	Rehabilitación cárcamo de bombeo General y sustitución de equipo de Bombeo	Rehabilitación y reequipamiento	Alta	10,080.00
12	Rehabilitación cárcamo de rebombeo Puente Internacional y sustitución de equipo de bombeo	Rehabilitación y reequipamiento	Alta	8,320.00
13	Rehabilitación general de la actual PTAR	Proyecto y rehabilitación	Alta	75,690.00
14	Construcción de nueva PTAR. 1ra etapa módulo 250 lps	Proyecto y construcción	Alta	306,200.00
15	Obras de Protección Colector Marginal Las Vacas	Proyecto y construcción	Alta	3,230
TOTAL ESTIMADO				570,890.00

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Ciudad Acuña (2020).

Tabla 18 Relación de proyectos a mediano plazo (2025-2030) SIMAS Ciudad Acuña.

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
1	Construcción Subcolector La Yegua	Proyecto y construcción	Media	2,570.00
2	Ampliación Colectores Zonas Crecimiento NW, W SSE	Proyecto y construcción	Media	175,500.00
3	Ampliación Colectores Zonas Crecimiento en Espacios No Poblados de Mancha Urbana Actual	Proyecto y construcción	Media	125,500.00
TOTAL ESTIMADO				303,570.00

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Ciudad Acuña (2020).

Tabla 19 Relación de proyectos a largo plazo (2031-2050) SIMAS Ciudad Acuña.

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
1	Construcción de Nueva PTAR. 2da Etapa Módulo 250 lps	Proyecto y construcción	Baja	350,500.00
TOTAL ESTIMADO				350,500.00

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Ciudad Acuña (2020).

3.5.1 Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción. A pesar de que no se cuenta con una total certeza, en cuanto a los subcolectores y colectores principales y demás elementos de la red de drenaje de conducción de las aguas residuales que deberían ser sustituidos, y sólo se prevén algunos proyectos de ampliación para incorporar nuevas zonas al servicio, fue posible identificar la necesidad de ejecutar las siguientes obras y los respectivos proyectos:

- Ampliación de la red de atarjeas en la colonia Estrella (6.20 km).
- Rehabilitación de la red de atarjeas en la colonia Benito Juárez (primera etapa: 22.50 km).
- Rehabilitación de la red de atarjeas en los fraccionamientos Los Encinos, Periodistas y Santa Marta (7.30 km).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Rehabilitación de la red de atarjeas en fraccionamiento La Rivera (6.70 km).
- Rehabilitación de la red de atarjeas en fraccionamiento INFONAVIT (3.90 km).
- Rehabilitación de la red de atarjeas en fraccionamiento Jesús Ma. Ramón (1.40 Km).
- Rehabilitación de la red de atarjeas en la colonia Benito Juárez (segunda etapa: 7.50 km).
- Rehabilitación del colector Victoria (1.25 km).
- Construcción del colector Parque Internacional (1.60 km).
- Ampliación del colector Fundadores (2.50 km).
- Construcción del subcolector La Yegua (1.60 km).
- Ampliación de colectores en zonas de crecimiento NW, W y SSE de la mancha urbana actual (25 km).
- Ampliación de colectores en espacios no poblados en la zona urbana actual (20 km).

3.5.2 Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales.

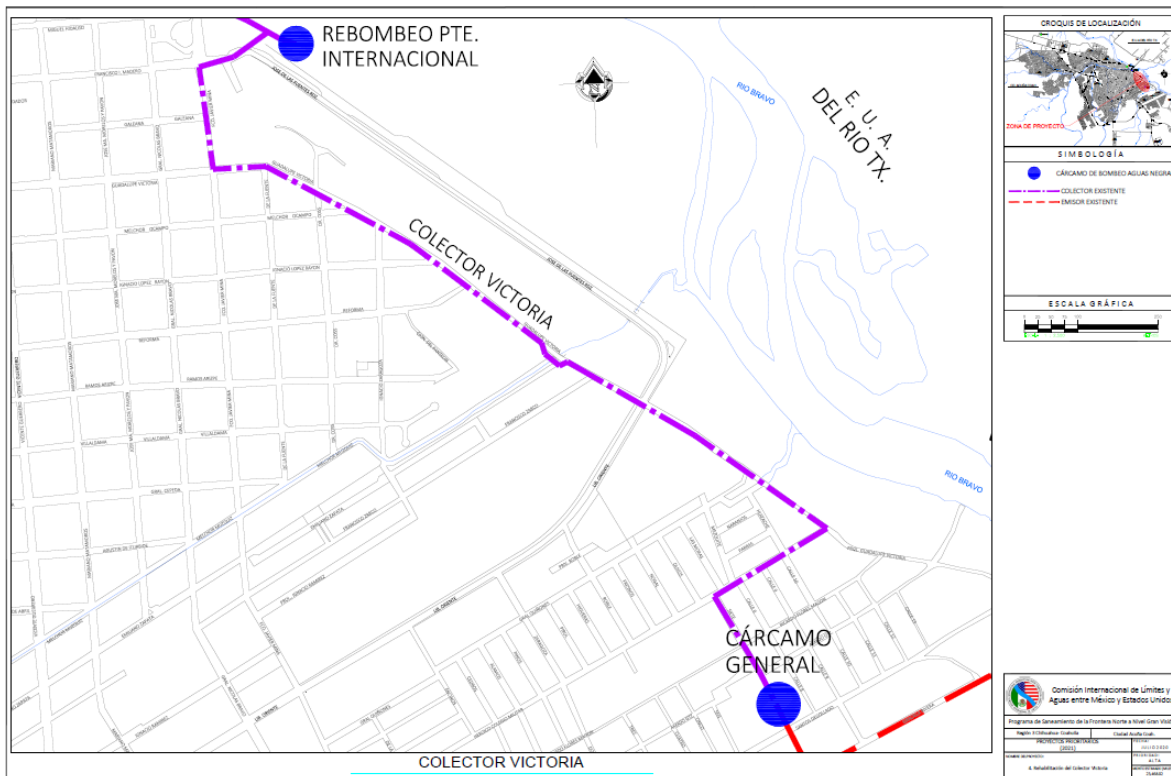
Con el fin de conservar el sistema de funcionamiento actual, en secuencia o escalonado, de las estaciones de bombeo de aguas residuales Rebombéo Puente Internacional y Cárcamo General, hasta en tanto no se lleven a cabo cambios, a partir de la ubicación de la nueva PTAR, como resultado del proceso de selección del sitio, sólo se ha considerado llevar a cabo labores de rehabilitación de la infraestructura e instalaciones y el cambio en los equipos de bombeo.

- Rehabilitación del cárcamo de aguas residuales Rebombéo Puente Internacional y sustitución de equipos de bombeo (cuatro bombas).
- Rehabilitación del cárcamo de aguas residuales Cárcamo General y sustitución de equipos de bombeo (seis bombas).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 23. Rehabilitación del colector Victoria.



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

3.5.3 Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.

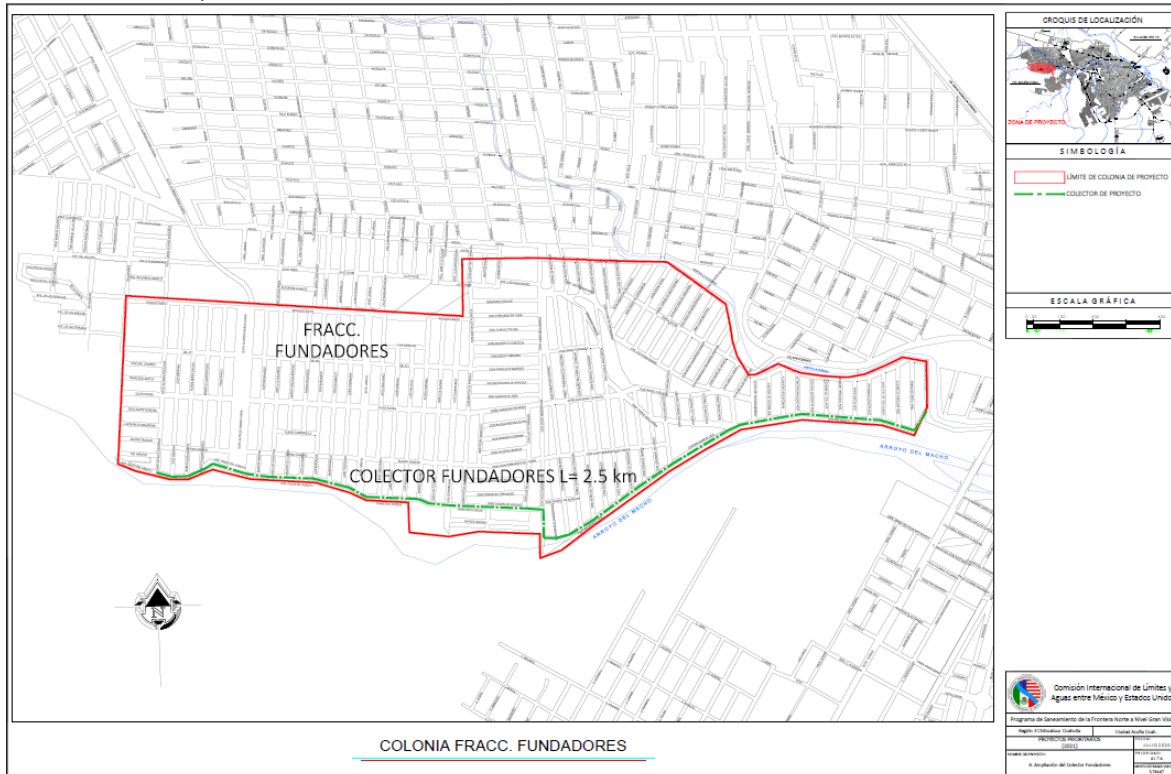
De manera prioritaria se considera necesario hacer un diagnóstico integral y trabajos de rehabilitación de la PTAR actual, con la finalidad de incrementar su eficiencia operativa al máximo posible, para que atienda los requerimientos de tratamiento de aguas residuales, como resultado del incremento en la eficiencia de manejo, al llevar a cabo la re zonificación de áreas de influencia de las estaciones de bombeo.

Sin embargo, también se considera necesario realizar el proyecto ejecutivo y construcción de la nueva PTAR, módulo primera etapa de 250 lps, que incluya el estudio de selección de sitio.

3.5.4 Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con acciones o proyectos para desarrollar infraestructura cuya finalidad sea el reúso del agua tratada de manera específica; sin embargo, se analiza la promoción y desarrollo de “Líneas Moradas” de distribución de aguas tratadas hacia empresas usuarias, como parte de sus procesos productivos. Se espera consolidar esta oportunidad en el corto plazo.

Ilustración 24. Ampliación del colector Fundadores.



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

3.5.5 Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación.

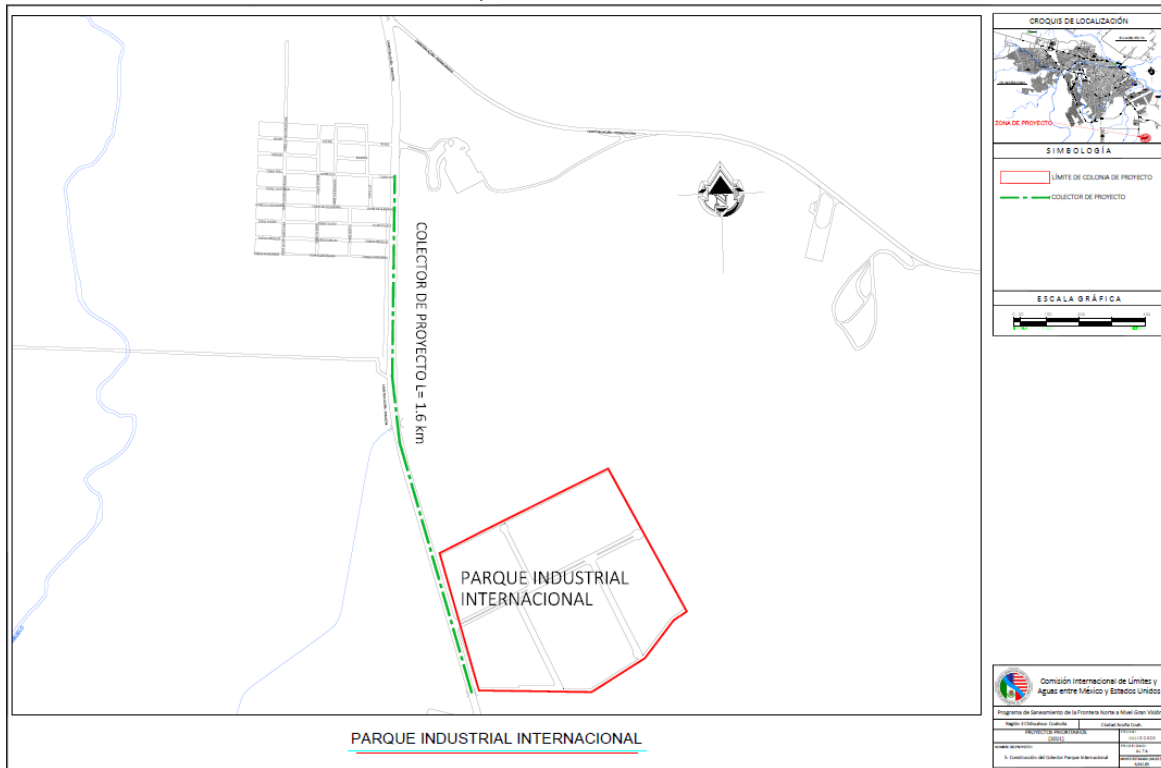
Las obras complementarias indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están considerados de manera particular por el SIMAS Ciudad Acuña. De ser el caso, serán incluidos como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

Por otro lado, como parte de obras de infraestructura complementaria a la red primaria de alcantarillado y drenaje, se plantea el desarrollo de obras de protección del colector marginal del arroyo Las Vacas. En este caso se plantea que las obras se lleven a cabo mediante el procedimiento de construir las estructuras de protección a través del procedimiento tradicional de elementos trapezoidales a base de muros de tabiques, con base y uniones de concreto armado y repellado de concreto, no sólo por ser la opción de menor costo de inversión, sino porque además representa una solución de largo plazo y menores costos de mantenimiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 25. Construcción del colector Parque Internacional.



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña (2020).

De manera anexa al presente documento se presentan las fichas técnicas de los proyectos identificados.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4 Organización y alternativas de financiamiento.

4.1 Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento.

Las opciones de organización, en cuanto al financiamiento para el desarrollo de los diferentes tipos de acciones, obras y proyectos, se presentan en los apartados del 4.1.1. al 4.1.3. En este espacio se establece la mezcla de recursos económicos para la ejecución de las necesidades identificadas, conforme a los patrones de financiamiento que se han presentado en otros proyectos y obras de naturaleza similar en la región.

En la tabla 20 se establecen las fuentes de financiamiento y la mezcla de recursos propuesta para la realización de las acciones, obras y proyectos planteados para Ciudad Acuña.

Tabla 20 Fuentes de financiamiento propuestas para proyectos identificados en Ciudad Acuña.

Cantidad	Concepto	Inversión (mdp)	Fuentes de Inversión (mdp)			
			Federal	Estatal o Municipal	NADBANK	Privada
13	Colectores y emisores	470.94	470.94	-	-	-
2	Plantas de bombeo	18.40	18.40	-	-	-
3	Plantas de tratamiento	732.39	351.79	68.90	147.65	164.05
-	Sistemas de reúso	-	-	-	-	-
1	Infraestructura complementaria	323	1.81	0.45	0.97	-
19	Acuña, CO	1,224.96	842.94	69.35	148.62	164.05

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Acuña 2020.

4.1.1 Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos.

Para el desarrollo de estudios y proyectos ejecutivos de rehabilitación, ampliación y construcción de las obras identificadas (redes de atarjeas y alcantarillado, colectores, subcolectores, drenes, emisores, subemisores, planta de bombeo de aguas residuales, cárcamos de bombeo, estaciones de rebombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales, e infraestructura para la conducción y reúso de aguas tratadas, así como instalaciones complementarias), ya fueran como prioritarias y de corto, mediano y largo plazos, es posible adoptar diversas formas de organización para su financiamiento, independientemente del monto de las aportaciones con que los participantes puedan contribuir, o de los apoyos gestionados por las autoridades para su realización.

Se identifica que aquellos estudios y proyectos cuyo requerimiento económico sea relativamente bajo (se estima de menos de 5 mdp), podrían ser desarrollados con recursos provenientes de una sola fuente, ya sea del municipio o del SIMAS Acuña; el Gobierno del estado, a través de la CEAS, o bien el Gobierno federal, a través de la CONAGUA o la CILA, e incluso mediante recursos asignados a través del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) de manera directa, contando con el apoyo y gestión de la diputación federal respectiva, o a través de un fondo, fideicomiso o programa oficial.

Una fuente complementaria a las anteriores, que en ocasiones ha sido incluso única para este caso, puede ser alguno de los programas del BDAN, debido al carácter fronterizo de Acuña; por ejemplo, el Programa de Apoyo a Comunidades (PAC). De igual forma, es viable calificar a recursos provenientes del Banco Mundial o del BID, así como de las agencias internacionales de desarrollo de países como Canadá, Japón, Alemania, Reino Unido entre otros, además de Estados Unidos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

BANOBRAS representa una fuente de apoyo, incluso a fondo perdido, por hasta el 50 % del costo para estudios y proyectos, si se considera como viable la participación privada a través de una Asociación Público-Privada (APP), para las etapas de construcción y operación y mantenimiento.

Para montos relativamente altos (superiores a 5 mdp), tendría que buscarse la mezcla de recursos, de acuerdo con las reglas de operación de los diversos fondos o programas a los que se acceda, logrando aportaciones para este caso hasta por el 100 % del monto total de estudios y proyectos.

4.1.2 Planteamiento de opciones de organización para la ejecución.

La ejecución de las obras identificadas (redes de atarjeas y alcantarillado, colectores, subcolectores, drenes, emisores, subemisores, planta de bombeo de aguas residuales, cárcamos de bombeo, estaciones de rebombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales, e infraestructura para la conducción y reúso de aguas tratadas, así como instalaciones complementarias), independientemente del monto, difícilmente podrían ejecutarse considerando recursos de una fuente de financiamiento única, de no ser proveniente del Gobierno del estado, a través de la CEAS, o bien del Gobierno federal, a través de la CONAGUA, o mediante recursos asignados a través del PEF.

En el mejor de los casos, debe considerarse una mezcla de recursos provenientes de dos o más fuentes, incluido alguno de los programas de financiamiento del BDAN.

BANOBRAS representa una opción, en caso de considerar como factible la participación privada a través de una APP, aunque esta se restringe al caso de planta de tratamiento de aguas residuales, en las cuales se ha demostrado su viabilidad a partir de la experiencia. Quizás una opción adicional para la participación de recursos privados, por medio de la formulación de una APP, es el desarrollo de comercialización de aguas tratadas, alternativa aun implementada. En el resto de las instalaciones no hay posibilidad de repago o recuperación de inversiones, por lo que resultan poco atractivas.

Se desarrolló un ejercicio para identificar los fondos, fideicomisos y programas existentes en los ejercicios fiscales 2019 y 2020, que podrían ser fuente de recursos económicos para financiar las obras determinadas.

En las tablas 21 y 22 se presentan los fondos, fideicomisos y programas disponibles dentro del Gobierno federal, con base en el PEF 2020, a los cuales podría tenerse acceso de recursos económicos, siempre que se mantengan para el año siguiente, tanto para el desarrollo de estudios y proyectos, pero principalmente para la ejecución de las obras de infraestructura identificadas, sobre todo las de carácter prioritario y de corto plazo.

De los 11 fondos y fideicomisos disponibles para el 2019, dos desaparecieron para el ejercicio fiscal 2020: el Fondo para las Fronteras y el Fondo Minero, mientras que el Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI) y el Fondo Regional (FONREGIÓN) dejaron de ser aplicables a Ciudad Acuña.

Por otra parte, de los seis programas que fueron identificados, sólo el Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA) no es aplicable a Ciudad Acuña por sobrepasar el número de habitantes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Con relación a los fondos y programas disponibles para este año (2020), y que pudieran mantenerse vigentes en los siguientes, se identificó el Convenio Marco de Coordinación que celebraron la SEMARNAT, a través de la CONAGUA, y el estado de Coahuila de Zaragoza, el pasado 24 de febrero, y que fue publicado en el DOF el 24 de abril, con el objeto de establecer los lineamientos para conjuntar recursos y formalizar acciones en las materias de infraestructura hidroagrícola, agua potable, alcantarillado y saneamiento y cultura del agua en beneficio de la entidad federativa.

Las acciones por realizar, conforme a la cláusula segunda del citado Convenio Marco, en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento, incluyen, entre otras, las siguientes acciones:

- Elaborar estudio y proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Construir, mejorar, ampliar o rehabilitar infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas y rurales.
- Operar y mantener plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas y rurales.

De acuerdo con la cláusula tercera, las acciones establecidas se llevarán a cabo a través de los programas autorizados en el Presupuesto de Egresos de la Federación del ejercicio fiscal correspondiente, especificando a través de anexos de ejecución y técnicos, convenios de concertación o el instrumento que determine la normatividad aplicable, aquellas que se realizarán durante la vigencia de los mismos, así como a cargo de quien quedará su ejecución, en apego a las reglas de operación correspondientes (cláusula sexta).

La vigencia del Convenio Marco llega hasta el 30 de noviembre del 2023, por lo que su alcance debe ser aprovechado, en la medida de lo posible, para los proyectos inmersos en el corto plazo (cláusula décima cuarta).

Para acceder a los beneficios del Convenio Marco, es preciso llevar a cabo las gestiones conducentes ante el gobierno del Estado y la CONAGUA. La situación sería similar para acceder a recursos federales si no existiera el instrumento en comento; sin embargo, su presencia representa una ruta relativamente corta, la cual podría ser aprovechada para apoyar la realización de las acciones identificadas por Programa de Saneamiento de la Frontera Norte (PSFN) en Coahuila.

A nivel local, en cuanto al estado de Coahuila de Zaragoza se ubicó el Programa “Vamos a Michas”, el cual fue firmado el 25 de febrero del 2019 entre el gobernador del estado y los 38 presidentes municipales de la entidad, con el objeto de aplicar recursos económicos provenientes de ambas partes (estado-municipios), para llevar a cabo obra pública en infraestructura, mejoramiento de los sistemas de drenaje y saneamiento e hidráulica relativa al agua potable.

La finalidad es apoyar la realización de obras a partir de las necesidades reales de cada municipio, para lo cual el Gobierno del estado aportará 1,660 mdp y los municipios 1,437 mdp, para lograr un fondo cercano a los 3,100 mdp.

4.1.3 Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento.

Para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento de las obras proyectadas (redes de atarjeas y alcantarillado, colectores, subcolectores, drenes, emisores, subemisores, plantas de bombeo de aguas residuales, cárcamos de bombeo, estaciones de rebombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales, e infraestructura para la conducción y reúso de aguas tratadas, así



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

como instalaciones complementarias), la fuente de financiamiento es principalmente de carácter local, y está a cargo del organismo operador, ya sea con recursos propios o con la participación y colaboración del municipio.

En algunos casos relevantes de mantenimiento mayor, cuyos montos se consideran elevados (por encima de los 5 mdp), podría buscarse el apoyo del Gobierno del estado, a través de la CEAS, o bien del Gobierno federal a través de la CONAGUA.

Sólo en algunos casos muy específicos la participación privada podría ser factible, mediante un esquema de APP, como ha sucedido en los últimos 20 años en el caso de la PTAR, aun cuando ha obedecido a una concesión, considerando incluso las plantas de bombeo de aguas residuales.

Tabla 21 Relación de fondos y fideicomisos en el ejercicio fiscal 2020.

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Fondo Regional (FONREGION)	Ramo 23 (Previsiones Salariales y Económicas)	Tiene por objeto apoyar a las 10 entidades federativas con menor índice de desarrollo humano, a través de proyectos de inversión mediante la construcción, rehabilitación y ampliación de infraestructura pública y su equipamiento en servicios básicos de educación y salud.	No	Sólo puede ser aplicado en entidades con un índice de desarrollo humano menor al promedio nacional.
Fondo Metropolitano	Ramo 23 (Previsiones Salariales y Económicas)	Este fondo tiene por objeto apoyar en la ejecución de programas y proyectos de infraestructura pública y su equipamiento en materia de servicios básicos, infraestructura vial, movilidad urbana, espacios públicos, entre otros rubros prioritarios de interés metropolitano, para contribuir al ordenamiento territorial.	Si	Puede ser aplicado en poblaciones menores a 500,000 habitantes, y las características del fondo centran sus objetivos en el desarrollo de infraestructura de servicios básicos.
Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de los Municipios y de las Demarcaciones Territoriales del Distrito Federal (FORTAMUN)	Ramo 33 (Fondo de Aportaciones para Estados y Municipios)	El cumplimiento de obligaciones financieras, al pago de derechos y aprovechamientos por concepto de agua, descargas de aguas residuales, a la modernización de los sistemas de recaudación locales, mantenimiento de infraestructura.	Si	Puede ser aplicado para el desarrollo y mantenimientos de infraestructura de servicios de agua y saneamiento.
Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social (FAIS)	Ramo 33 (Fondo de Aportaciones para Estados y Municipios)	Las aportaciones federales a cargo de este dónde se destinarán exclusivamente al financiamiento de obras, acciones sociales básicas y a inversiones que beneficien directamente a la población en pobreza extrema, localidades con alto o muy alto nivel de rezago social.	Si	Puede ser usado para el desarrollo de proyectos que tengan un impacto para disminuir el nivel de rezago social; en este sentido, obras de infraestructura de servicios básicos entre en esta categoría.
Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de las Entidades Federativas (FAFEF)	Ramo 33 (Fondo de Aportaciones para Estados y Municipios)	Apoyar proyectos de infraestructura concesionada o aquellos donde se combinen recursos públicos y privados; al pago de obras públicas de infraestructura que sean susceptibles de complementarse con inversión privada, en forma inmediata o futura.	Si	Puede ser usado como fuente de pago para proyectos de infraestructura de cualquier índole, incluso aquellos bajo la modalidad de APP.
Fondo General de Participaciones (FGP)	Ramo 28 (Participaciones Federales)	Fondo General de Participaciones puede ser usado como fuente y garantía de pago para el cumplimiento de obligaciones correspondientes para el desarrollo de proyectos de diversas índoles como es el caso de infraestructura en servicios básicos.	Si	Puede ser aplicado como fuente y garantía de pago para la ejecución de proyectos de todo tipo. Cuenta con la ventaja de ser un fondo federalizado de gran cobertura económica.
Fondo para Fronteras	Ramo 23 (Previsiones Salariales y Económicas)	Este fondo tiene como intención apoyar al desarrollo de proyectos y programas en las diversas entidades y sus municipios ubicados a lo largo de las fronteras norte y sur del país.	No	No se encuentra disponible, el fondo, de acuerdo con el PEF 2020.
Fondo Minero	Fideicomiso (Secretaría de Economía)	Este fondo tenía el objetivo de apoyar las actividades en regiones y entidades con grandes actividades económicas en la industria minera, con la finalidad de elevar la calidad de infraestructura e impactos socioambientales en estas zonas.	No	Se desapareció la vinculación del uso del fondo en zonas donde hay extracción minera para que ahora se destinen los recursos a la de Educación Secretaría Pública (SEP) para mejorar las condiciones de los centros educativos y de los servicios de salud.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI)	Fideicomiso (Secretaría de Economía)	Tiene como fin contribuir al desarrollo económico y social a través del apoyo técnico y financiero de las pequeñas y medianas productoras mineras a nivel nacional.	No	Por sus características sólo puede ser usado para el desarrollo de actividades mineras.
Fondo de Apoyo a Estados y Municipio (FOAEM)	Fideicomiso (Banobras)	El fondo permite cubrir el riesgo cambiario generado por aquellos créditos fondeados con recursos externos sean dispuestos y pagados por los acreditados en moneda nacional y/o en UDIS, asegurando el pago en moneda extranjera por parte del agente financiero que hubiere concertado la operación con acreditantes del exterior.	Si	El fondo puede ser utilizado como riesgo cambiario siempre y cuando, el proyecto considere en su modelo de contratación un tipo de divisa diferente a pesos mexicanos.
Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)	Fideicomiso (Banobras)	El fondo tiene el propósito de realizar inversión en infraestructura, principalmente en las áreas de comunicaciones, transportes, hidráulica, medio ambiente y turística, como capital auxiliar en la planeación, fomento, construcción, conservación, operación y transferencia de proyectos con impacto social y rentabilidad económica.	Si	El fondo puede ser aplicado en obras de infraestructura de diversos tipos, además de considerar que este capital cuenta con especificaciones particulares para fomentar el desarrollo de proyectos sociales.

Los datos de consulta y la existencia de los fondos tienen como referencia el Presupuesto de Egresos de la Federación 2020 (PEF 2020)

Fuente: elaboración propia con información del PEF 2020.

Tabla 22 Relación de programas en el ejercicio fiscal 2020.

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA)	Programa Federal (BANOBAS)	Este programa tiene la intención de fortalecer el desarrollo de proyectos bajo esquemas de Asociación Público-Privada que permitan incrementar los niveles de cobertura y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento, así como la eficiencia de los organismos operadores.	Si	El programa aplica por su modalidad mediante apoyos no recuperables para el financiamiento parcial de estudios y proyectos que contribuyan con la sostenibilidad operativa y financiera de entes públicos relacionados con el sector hídrico a nivel nacional.
Programa de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR)	Programa Federal (CONAGUA)	El programa tiene como objetivo la asignación de recursos federales provenientes del pago de derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.	Si	El programa aplica a entidades federativas, municipios, organismos paraestatales, paramunicipales y las empresas concesionarias que presentan el servicio de alcantarillado y cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales para realizar acciones de infraestructura, operación y mejoramientos de eficiencia de saneamiento.
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA)	Programa Federal (CONAGUA)	El programa incorpora un enfoque multisectorial y de coordinación entre los tres órdenes de gobierno para contribuir a garantizar el derecho humano al agua y enfrentar la creciente demanda de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.	Si	Los apoyos están dirigidos a desarrollar infraestructura y garantizar su operación, así como el fortalecimiento de las capacidades de los organismos operadores y prestadores de servicios, incluidos los sistemas comunitarios, acorde con la política nacional hídrica de gestión integrada y sustentable del recurso.
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento/Apartado Urbano (PROAGUA-APAUUR)	Programa Federal (CONAGUA)	Tiene como propósito apoyar el fortalecimiento e incremento de los sistemas de agua potable y alcantarillado en centros de población mayores o iguales a 2,500 habitantes, en la construcción, ampliación, rehabilitación, el apoyo de la sostenibilidad operativa y financiera de los organismos operadores, de los municipios de las entidades federativas.	Si	Este programa aplica dado que todas las entidades y municipios de interés cuentan con más de 2,500 habitantes.
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento/Apartado Rural (PROAGUA-APARURAL)	Programa Federal (CONAGUA)	Tiene la finalidad de apoyar la creación de infraestructura para abatir el rezago en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades rurales menores a 2,500 habitantes de diversas entidades federativas.	No	Este programa no podría aplicar debido a que sólo corresponde para entidades y municipios menores a 2,500 habitantes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento/Agua Limpia (PROAGUA-ALL)	Programa Federal (CONAGUA)	Este programa tiene como propósito fomentar y apoyar el desarrollo de acciones para ampliar la cobertura de agua de calidad para el uso y consumo humano, para la desinfección y tratamiento de contaminantes específicos en sistemas de abastecimiento y distribución de agua en distintas entidades federativas del país.	Si	Este programa aplica por sus características de cobertura a un área específica como lo es agua potable y que forma parte de uno de los componentes a cargo de los organismos operadores de agua.

Todos los programas presentados en este recuadro fueron corroborados en cuanto a existencia y vigencia de sus lineamientos de operación para 2020
Fuente: elaboración propia con información del PEF 2020.

4.2 Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos.

4.2.1 Identificación de riesgos (construcción de matriz).

La naturaleza de los diversos riesgos, que ponen en peligro la ejecución de un proyecto, e incluso su operación, son de tipo económico, legal, administrativo, social, político, técnico y ambiental.

En la tabla 23 se describen de manera general los riesgos identificados en la ejecución de los proyectos y obras planteados para Acuña, en el marco del PSFN.

Tabla 23 Relación de riesgos para la ejecución de proyectos

Tipo de riesgo	Descripción
Económico	No contar con suficiencia presupuestal federal o de la contraparte estatal o municipal.
	No contar con suficiencia presupuestal de la contraparte privada o de la banca de desarrollo o privada.
	El presupuesto o los recursos económicos requeridos no fueron autorizados en cualquiera de los tres niveles de Gobierno o de la banca de desarrollo o privada.
	Falta de disposición en tiempo y forma del presupuesto programado, desfasando la ejecución del proyecto u obra.
	Imposibilidad de contar con el otorgamiento de recursos económicos para la ejecución de las obras.
Legal	Que no se cuente con la liberación de los terrenos por ocupar.
	Que no sea posible la adquisición de los terrenos seleccionados para desplante de las obras por temas legales como falta de escrituras, intestado, etcétera.
	Que no se cuente con los permisos de libre paso o acceso o afectación, ya sea en terrenos privados o federales.
Administrativo	Atraso en la autorización de la cartera de proyectos o de los oficios de liberación de inversión.
	Proceso muy extensivo para la aceptación y certificación del proyecto por parte del BDAN.
	Proceso muy extensivo para la aceptación e incorporación en la cartera de proyectos de la Unidad de Inversiones de la SHCP.
Social	Problemática social que pudiera presentarse por la aplicación de ordenamientos legales en materia de agua.
	Oposición de los habitantes por la reubicación de instalaciones.
	Malestar social por las afectaciones en el proceso de construcción y operación de las obras, principalmente ligado a polvo, olores y libre tránsito.
	Que el proyecto no cuente con la aceptación social, por afectaciones a los vecinos.
Político	Que exista diferencia con respecto de las estrategias de los Gobiernos federal, estatal o municipal.
	Que no corresponda con proyectos planteados en el Plan Municipal de Desarrollo (compromisos de campaña).
	Obras y proyectos cuya terminación trascienda el término de la Administración municipal o estatal.
Técnico	Adquisición equivocada de bienes y equipamiento periféricos o en malas condiciones de operación.
	Incumplimiento de las empresas contratadas para realizar los trabajos.
	Que no se cuente con el personal técnico para dar seguimiento al proceso de supervisión y operación de las obras.
Ambiental	Que las labores de construcción y equipamiento se realicen en temporada lluviosa
	Que no se cuente con las aprobaciones en materia de impacto ambiental
	Que los trabajos de construcción u operación representen un riesgo para el medio ambiente o afecten a alguno de los atributos ambientales de la región, principalmente el río Bravo y sus tributarios.

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Con la finalidad de determinar cuáles son los riesgos esperados por el desarrollo, ejecución y operación de un proyecto u obra en cualquiera de sus etapas en Ciudad Acuña, se elaboró una matriz de identificación, la cual se presenta en la tabla 24.

La matriz se construyó colocando a manera de filas los proyectos y obras propuestos a ejecutarse, ordenados de acuerdo con su prioridad. Del lado de las columnas se puso cada uno de los tipos de riesgo que se estima como posible que se presenten, identificando con una "X" los cruces donde se considera que es viable que se genere algún problema o riesgo asociado.

Tabla 24 Matriz de identificación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Acuña.

Periodo	Proyectos/Obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
2022-2024	Rehabilitación del colector Victoria	X	X	X	X		X	X
	Rehabilitación red de atarjeas colonia Benito Juárez. 1ra etapa	X		X	X	X		
	Rehabilitación red atarjeas Fracc. Encinos, Periodistas y Sta. Martha	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. La Riviera	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. INFONAVIT	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. Jesús María Ramón	X	X	X	X	X	X	X
	Rehabilitación red de atarjeas colonia Benito Juárez. 2da Etapa	X			X	X	X	
	Construcción colector Parque Internacional	X	X	X			X	X
	Ampliación colector Fundadores	X	X	X	X			X
	Ampliación red de atarjeas en colonia La Estrella	X		X	X	X		
	Rehabilitación cárcamo de bombeo General y sustitución de equipo de Bombeo	X		X			X	
	Rehabilitación cárcamo de rebombeo Puente Internacional y sustitución de equipo de bombeo	X		X			X	
	Rehabilitación general de la actual PTAR	X	X	X		X	X	X
	Construcción de nueva PTAR. 1ra etapa módulo 250 lps	X	X	X		X	X	X
Obras de Protección Colector Marginal Las Vacas	X	X	X		X		X	
2025-2030	Construcción Subcolector La Yegua	X	X			X	X	X
	Ampliación Colectores Zonas Crecimiento NW, W SSE	X	X	X				X
	Ampliación Colectores Zonas Crecimiento en Espacios No Poblados de Mancha Urbana Actual	X		X	X	X	X	X
2031-2050	Construcción de Nueva PTAR. 2da Etapa Módulo 250 lps	X		X			X	

Fuente: elaboración propia.

Del análisis de la Matriz de Identificación de Riesgos, es evidente que la problemática asociada a temas económicos y administrativos es la más relevante, pues en todos los casos se espera que se presente algún tipo de riesgo de estos tipos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los riesgos que se estima se presentarán en menor cantidad son los de tipo legal, pues en la gran mayoría de los casos las acciones se realizarán sobre las calles y vialidades, y sólo en el caso de obras nuevas, principalmente; en cuanto a la nueva PTAR o los colectores Victoria, Parque Internacional y Fundadores, se ejecutarán en terrenos cuya adquisición sea necesaria o nunca han sido afectados por obra alguna, con las consecuentes implicaciones del tema. Un asunto legal importante se presentará con las obras del colector marginal Las Vacas, pues las labores se desarrollarán en una zona federal, en el derecho de vía de la corriente de agua.

La posibilidad de que se presenten riesgos de tipo político se encuentra muy ligada a los de naturaleza social, principalmente por el manejo que se hace en estos casos, por parte de algunas personas que lo asocian a tendencias y corrientes partidistas. Se estima que en los proyectos de redes de alcantarillado y atarjeas es donde se presentarán los riesgos citados, por su implicación social.

En seguimiento a lo señalado previamente, de los riesgos más esperados se encuentran los sociales, excepto en el desarrollo de proyectos y estudios y en los trabajos ligados a la PTAR, pues su incidencia directa, respecto de las personas y de la comunidad, es nula. En el resto de los casos, las obras afectan de diversas formas a las personas, lo cual significa malestar y en ocasiones es motivo de protesta, a pesar de los evidentes beneficios, principalmente en el caso de las redes de atarjeas.

4.2.2 Evaluación de riesgos.

Tomando como base la Matriz de Identificación de Riesgos, se llevó a cabo la evaluación de estos, clasificándolos en tres categorías: bajo, mediano y alto. Esta clasificación está asociada a un código de colores de semáforo, en donde el rojo corresponde a un riesgo alto, el color amarillo se asocia a un riesgo medio y el verde a uno bajo.

La calificación y evaluación de los riesgos se ejecutó para cada proyecto en particular, y su lectura e interpretación debe ser de tipo horizontal. Si bien todos los riesgos identificados pueden llegar a tener un papel decisivo en la ejecución y operación de una obra, su evaluación toma en cuenta la posibilidad de controlarlo o corregirlo en caso de que se presente, principalmente desde la posición del SIMAS Acuña, como principal responsable. Los resultados de la evaluación se presentan en la matriz de la tabla 25.

De la observación de la Matriz de Evaluación de Riesgos se observa que los de tipo económico son los relevantes y, en los casos en donde se identifican riesgos legales, estos también entran en la categoría alta. En algunos casos los riesgos administrativos pueden representar un asunto importante, principalmente asociado al tema de gestión de recursos económicos.

Los riesgos de tipo político y social son evaluados en general como moderados, mientras que los de carácter técnico y ambiental son considerados con un nivel bajo, sobre todo porque pueden ser evitados o controlados con apego a los ordenamientos legales y normativos de naturaleza ambiental, tanto en el ámbito federal como en el estatal y municipal, además de la consideración de manuales y guías técnicas y ambientales vigentes, instrumentos desarrollados por las dependencias involucradas en los temas en discusión.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Es importante destacar que la mayoría de los riesgos altos se presentan en los proyectos y obras considerados como prioritario y por ejecutarse en el 2022, principalmente por el corto tiempo para su gestión.

Tabla 25 Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Acuña

Periodo	Proyectos/Obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
2022-2024	Rehabilitación del colector Victoria	X	X	X	X		X	X
	Rehabilitación red de atarjeas colonia Benito Juárez. 1ra etapa	X		X	X	X		
	Rehabilitación red atarjeas Fracc. Encinos, Periodistas y Sta. Martha	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. La Riviera	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. INFONAVIT	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas Fracc. Jesús María Ramón	X	X	X	X	X	X	X
	Rehabilitación red de atarjeas colonia Benito Juárez. 2da Etapa	X			X	X	X	
	Construcción colector Parque Internacional	X	X	X			X	X
	Ampliación colector Fundadores	X	X	X	X			X
	Ampliación red de atarjeas en colonia La Estrella	X		X	X	X		
	Rehabilitación cárcamo de bombeo General y sustitución de equipo de Bombeo	X		X			X	
	Rehabilitación cárcamo de rebombeo Puente Internacional y sustitución de equipo de bombeo	X		X			X	
	Rehabilitación general de la actual PTAR	X	X	X		X	X	X
	Construcción de nueva PTAR. 1ra etapa módulo 250 Ips	X	X	X		X	X	X
Obras de Protección Colector Marginal Las Vegas	X	X	X		X		X	
2025-2030	Construcción Subcolector La Yegua	X	X			X	X	X
	Ampliación Colectores Zonas Crecimiento NW, W SSE	X	X	X				X
	Ampliación Colectores Zonas Crecimiento en Espacios No Poblados de Mancha Urbana Actual	X		X	X	X	X	X
2031-2050	Construcción de Nueva PTAR. 2da Etapa Módulo 250 Ips	X		X			X	

Fuente: elaboración propia. Rojo alto, amarillo mediano, verde bajo.

4.2.3 Propuesta de mecanismos de mitigación.

Para los riesgos de tipo económico y administrativo los mecanismos de mitigación se ubican en el desarrollo de una estrategia de acción, que identifique y evalúe el abanico de posibilidades de financiamiento, la totalidad de requerimientos y el programa y la ruta crítica para su obtención. Una vez determinada la opción u opciones, debe tenerse un estricto apego y seguimiento de los lineamientos y reglas de operación para la obtención de recursos, ya sea provenientes de algún fondo, fideicomiso o programa o de la banca de desarrollo, principalmente del BDAN.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En el aspecto legal, los mecanismos de mitigación de los riesgos se limitan a la observancia y respeto a los instrumentos de esta naturaleza, sobreponiendo el interés de la comunidad por el de particulares, pero sin pasar por encima de los derechos y garantías de los individuos. Para lograr una gestión exitosa de los riesgos legales, al igual que en el caso anterior debe desarrollarse una estrategia de acción que identifique y evalúe las diferentes opciones y alternativas de solución, no sólo a los problemas identificados y relacionados con permisos, compra de terreno o el pago de indemnizaciones, sino incluso en la adopción de organizaciones operativas en las que participe la iniciativa privada, principalmente en el caso de APP.

El tema social logra subsanarse, en la gran mayoría de los casos, informando y concientizando, sobre todo cuando no existen intereses de otra naturaleza. Por ello, deben identificarse a los grupos sociales y a sus respectivos líderes, con quienes hay que trabajar por separado. El desarrollo de campañas de volanteo, notificación casa por casa, perifoneo y asambleas informativas, como las solicitadas por el BDAN, son alternativas que han demostrado buenos resultados. Las campañas pueden ser realizadas a través del Área de Comunicación Social del SIMAS Ciudad Acuña, con apoyo especializado. La documentación oportuna y la conformación de memorias gráficas sobre las acciones emprendidas son recomendables y dan certeza a las estrategias ejecutadas, poniendo a disposición de las personas interesadas la documentación de carácter público, ya sea de manera material, en una oficina determinada, o bien a través de medios electrónicos en un portal o micrositio específico.

Si bien el tema político fue evaluado como un riesgo moderado, debe tenerse en cuenta que la falta de voluntad en este aspecto, por parte de alguno de los actores, principalmente de los que operan recursos económicos, puede poner en peligro la realización de algún proyecto. En este sentido, la consideración del estado que guardan las relaciones políticas entre las partes es de suma relevancia para la definición de la estrategia a seguir en la gestión de recursos, por lo que el apoyo de entes especializados en el tema representa una opción que puede elevar las posibilidades de éxito en la incorporación o acceso a fondos.

Los riesgos de naturaleza técnica deben ser atendidos por las autoridades mediante el desarrollo adecuado de los términos de referencia correspondientes, considerando la normatividad, legislación y reglamentación aplicable, tanto de carácter técnico como legal-administrativo. Durante la ejecución de la obra, mediante la correcta supervisión técnica, vigilando el apego al proyecto ejecutivo aprobado y el cumplimiento de las especificaciones técnicas solicitadas, tanto en el proceso constructivo, como en el suministro de materiales, implementando herramienta de gestión de obras, independientemente del uso de las herramientas de la autoridad interna de control, como la bitácora electrónica y la presentación de informes avance y soportes técnicos, incluyendo memorias de cálculo y fotográficas y, de ser el caso, resultados de análisis de laboratorio.

En materia ambiental debe cumplirse con lo solicitado en los ordenamientos correspondientes, ya sea en el ámbito federal, en el caso de terrenos o proyectos de dicha responsabilidad, o de carácter estatal o municipal, cuando así corresponda. Deben presentarse los estudios de impacto ambiental en las modalidades que la legislación aplicable indique, llevando a cabo las condicionantes solicitadas por la autoridad ambiental, a través del resolutivo que al efecto se dictamine, y entregando en las fechas solicitadas los reportes de cumplimiento y seguimiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Acrónimos

°C	Grados centígrados
ANC	Agua no contabilizada
BC	Baja California
BDAN	Banco de Desarrollo del Norte
CEA	Comisión Estatal del Agua de Baja California
CESPT	Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CPEUM	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DOF	Diario Oficial de la Federación
EE. UU.	Estados Unidos de América
ENIGH	Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares
EPA	Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos
hm ³	Hectómetro cúbico / millones de metros cúbicos
HP	Caballos de Fuerza (Horse Power)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LAN	Ley de Aguas Nacionales
lps	Litros por segundo
NOM	Norma Oficial Mexicana
PB	Planta de bombeo
PEAD	Polietileno de alta densidad
PEH	Programa Estatal Hídrico
pH	Potencial de Hidrógeno
PITAR	Planta internacional de tratamiento de aguas residuales
PNH	Programa Nacional Hídrico
PHR	Programa Hídrico Regional
POE	Periódico Oficial del Estado de Baja California
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PVC	Policloruro de Vinilo
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
RH	Región Hidrológica
SAB	San Antonio de Los Buenos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SSA	Secretaría de Salud
SST	Sólidos suspendidos totales
UN	Unidades económicas



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen problemática, solución e inversión, Cd. Acuña, CO.....	6
Tabla 2 Capacidades de la PTAR Acuña.....	18
Tabla 3 Costos de operación y mantenimiento de la PTAR Acuña	21
Tabla 4 Tarifas 2020 para los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado.....	23
Tabla 5 Ficha técnica de PTAR de Ciudad Acuña.....	28
Tabla 6 Estado actual de la infraestructura de saneamiento.....	29
Tabla 7 Proyección de población servida por el SIMAS Acuña.	36
Tabla 8 Proyección de la demanda futura de saneamiento en la PTAR Acuña	37
Tabla 9 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de colectores y redes de atarjeas.....	55
Tabla 10 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de estaciones de bombeo.	56
Tabla 11 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de ampliación de la actual PTAR.	56
Tabla 12 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de infraestructura complementaria.....	57
Tabla 13 Alternativas seleccionadas de colectores y redes de atarjeas.	57
Tabla 14 Alternativas seleccionadas de estaciones de bombeo.....	57
Tabla 15 Alternativas seleccionadas para la rehabilitación de la actual PTAR y 1ra etapa nueva PTAR	58
Tabla 16 Alternativa seleccionada para infraestructura complementaria.	59
Tabla 17 Relación de proyectos prioritarios (2022-2024) SIMAS Ciudad Acuña.	59
Tabla 18 Relación de proyectos a mediano plazo (2025-2030) SIMAS Ciudad Acuña.....	60
Tabla 19 Relación de proyectos a largo plazo (2031-2050) SIMAS Ciudad Acuña.....	60
Tabla 20 Fuentes de financiamiento propuestas para proyectos identificados en Ciudad Acuña... ..	65
Tabla 21 Relación de fondos y fideicomisos en el ejercicio fiscal 2020.	68
Tabla 22 Relación de programas en el ejercicio fiscal 2020.....	69
Tabla 23 Relación de riesgos para la ejecución de proyectos.....	70
Tabla 24 Matriz de identificación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Acuña.	71
Tabla 25 Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Acuña.....	73



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Localización del municipio de Acuña en el estado de Coahuila y colindancias.....	7
Ilustración 2. Esquema general del sistema de alcantarillado	10
Ilustración 3. Ubicación de las estaciones de bombeo de aguas residuales a la PTAR Acuña.....	12
Ilustración 4. Ubicación del Rebombeo Puente Internacional.....	13
Ilustración 5. Ubicación del Cárcamo General.	14
Ilustración 6. Ubicación de la PTAR y sus áreas de aportación.....	16
Ilustración 7. Esquema de la PTAR existente.	17
Ilustración 8. Toma de muestras para análisis de calidad.....	18
Ilustración 9. Ubicación relativa de la termoeléctrica de CFE José López Portillo (Carbón I) y Carbón II.....	19
Ilustración 10. Vista general de la PTAR Acuña.....	26
Ilustración 11. Reactor Biológico Sur de la PTAR de Ciudad Acuña.	26
Ilustración 12. Reactor Biológico Norte de la PTAR Acuña.	27
Ilustración 13. Parrilla de aireación por insuflación (extendida) de la PTAR Acuña.	27
Ilustración 14. Canales de pretratamiento y reparto a tratamiento biológico de la PTAR Acuña. ...	27
Ilustración 15. Espesador de lodos (1er plano) y decantación secundaria (2do plano) de la PTAR Acuña.....	28
Ilustración 16. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención prioritaria y corto plazo de Ciudad Acuña.	30
Ilustración 17. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención a mediano y largo plazo de Ciudad Acuña.	31
Ilustración 18. Ubicación y distancia del Relleno Sanitario de Ciudad Acuña.	34
Ilustración 19. Localización de la colonia Benito Juárez, Rebombeo Puente Internacional y Cárcamo General.....	40
Ilustración 20. Ubicación de instalaciones que requieren ser rehabilitadas en Ciudad Acuña.	41
Ilustración 21. Ubicación de instalaciones de reforzamiento del sistema de saneamiento en Ciudad Acuña.....	42
Ilustración 22. Elementos que conforman la excavación en zanja.	46
Ilustración 23. Rehabilitación del colector Victoria.	62
Ilustración 24. Ampliación del colector Fundadores.....	63
Ilustración 25. Construcción del colector Parque Internacional.....	64