



JUNTA MUNICIPAL
DE AGUA Y SANEAMIENTO
DE CHIHUAHUA

ANEXO I

Análisis Costo Beneficio



JUNTA MUNICIPAL
DE AGUA Y SANEAMIENTO
DE CHIHUAHUA



Análisis Costo Beneficio
del

Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo
para la

Rehabilitación de las plantas de tratamiento Chihuahua Norte y Chihuahua Sur

16 de agosto de 2018

Chihuahua, Chih.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Contenido

I.	Resumen ejecutivo	6
a)	Problemática, objetivo y descripción de la obra.....	6
	Problemática.....	6
	Objetivo	6
	Descripción de la obra.....	6
b)	Horizonte de evaluación, costos y beneficios de la obra.....	7
	Horizonte de evaluación.....	7
	Costos de la obra.....	7
c)	Beneficios de la obra	8
d)	Rentabilidad	8
e)	Conclusiones y recomendaciones	8
	Conclusiones	8
	Recomendaciones	9
II.	Situación actual del proyecto	10
f)	Diagnóstico	10
g)	Análisis de la capacidad de tratamiento actual	10
	Sistema de manejo y descarga de las aguas residuales	10
	Planta norte	11
	Planta sur	13
	Sitio de disposición de lodos.....	15
h)	Demanda actual	15
i)	Diagnóstico de la Interacción de la oferta y la demanda	17
	Oferta y demanda planta norte	17
	Pretratamiento.....	18
	Reactores biológicos.....	18
	Desinfección.....	19
	Tratamiento de lodos	19
	Conclusiones	19
	Oferta y demanda de la planta sur.....	20
	Equipo de bombeo	20
	Desinfección.....	20
	Deshidratado de lodos.....	21
	Obras menores.....	21
	Digestores	21
	Conclusiones	21
	Disposición final de lodos	22
III.	Situación sin el Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo	23
a)	Optimizaciones.....	23
	Eliminación de descargas al río Sacramento	23
	Transferencia de lodos de la planta norte a la planta sur y operación integrada de ambas plantas	23
b)	Análisis de la oferta	26
c)	Análisis de la demanda	27
d)	Diagnóstico de la Interacción Oferta y Demanda.....	27

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Derechos por descarga	27
Venta de agua tratada	27
Consumo de energía	28
Resumen	28
e) Alternativas de solución técnica	28
f) Alternativas de solución financiera	30
IV. Situación con la obra	32
a) Descripción general	32
b) Alineación estratégica	34
Desarrollo sustentable	34
c) Localización geográfica	35
d) Calendario de actividades	36
e) Monto total de inversión	37
f) Fuentes de financiamiento	38
g) Capacidad instalada	39
h) Metas anuales	41
i) Vida útil	41
j) Aspectos más relevantes que determinan la viabilidad del proyecto	42
Estudios técnicos	42
Estudios presupuestales	42
Estudios legales	42
Estudios ambientales	42
Estudios de mercado	42
Demanda de agua tratada	42
Tratamiento de aguas residuales	42
k) Análisis de la oferta	42
l) Análisis de la demanda	43
m) Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda	43
V. Evaluación de la obra	44
a) Identificación, cuantificación y valoración de los costos de la obra	44
Inversiones en la rehabilitación de las plantas	44
Costos de operación y mantenimiento	47
b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios de la obra	49
c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad	50
d) Análisis de sensibilidad	51
e) Análisis de riesgos	51
Al inversionista prestador	51
Al contratante	52
f) Indicadores de eficiencia, eficacia y efectividad	52
g) Indicadores de grado de satisfacción de los usuarios del proyecto	52
VI. Conclusiones y recomendaciones	53
a) Conclusiones	53
b) Recomendaciones	54

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Lista de figuras

Figura 1.- Croquis de funcionamiento hidráulico	10
Figura 2.- Tren de proceso de tratamiento de planta norte	11
Figura 3.- Imagen aérea de las instalaciones de la planta norte	11
Figura 4.- Tren de procesos de planta sur.....	13
Figura 5.- Imagen aérea de las instalaciones de la planta sur.....	13
Figura 6.- Sitio de disposición de lodos	15
Figura 7.- Demanda actual de tratamiento de aguas residuales y de agua tratada para reúso municipales.....	15
Figura 8.- Pretratamiento en planta norte: rejillas y desarenación.....	18
Figura 9.- Cárcamo de bombeo de aguas crudas de planta sur	20
Figura 10.- Filtro de banda y tractocamión de planta sur	21
Figura 11.- Optimización al esquema de manejo de las aguas residuales.....	24
Figura 12.- Diagrama de procesos de funcionamiento Integrado de ambas plantas.....	26
Figura 13.- Comercialización, facturación e Ingresos por venta de agua tratada	27
Figura 14.- Localización geográfica de las plantas de tratamiento.....	36
Figura 15.- Combinaciones de caudales de operación de las plantas empleadas en el análisis.	40

Lista de cuadros

Cuadro 1.- Características de la infraestructura física de la planta norte.....	12
Cuadro 2.- Características de la infraestructura física de la planta sur	14
Cuadro 3.- Calidad del influente a la planta norte.....	16
Cuadro 4.- Calidad del influente a la planta sur	16
Cuadro 5.- Normas de calidad para descargas a los ríos Sacramento y Chuvíscar.....	16
Cuadro 6.- Normas de calidad para reúso de agua tratada	16
Cuadro 7.- Normas de calidad de lodos para disposición final	17
Cuadro 8.- Capacidad nominal de tratamiento de la planta norte.....	17
Cuadro 9.- Carga másica de lodos de planta norte a influente de planta sur	24
Cuadro 10.- Generación de lodos en planta sur.....	25
Cuadro 11.- Impacto de la transferencia de lodos de la planta norte en el influente de la planta sur	25
Cuadro 12.- Costos de infraestructura de obras más urgentes de rehabilitación de las plantas.....	29
Cuadro 13.- Costos desagregados de rehabilitación más urgente de planta norte	29
Cuadro 14.- Costos desagregados de rehabilitación más urgente de planta sur	30
Cuadro 15.- Financiamiento de las obras más urgente en ausencia del PIPLP	31
Cuadro 16.- Características físicas y condiciones de operación de la planta norte rehabilitada	32
Cuadro 17.- Características físicas y condiciones de operación de la planta sur rehabilitada	33
Cuadro 18.- Calendario de actividades	37
Cuadro 19.- Inversiones desagregadas	37
Cuadro 20.- Calendario de inversiones	38
Cuadro 21.- Pagos de la JMAS al inversionista privado durante la operación de las plantas	38
Cuadro 22.- Capacidad teórica y real de las plantas de tratamiento.....	39
Cuadro 23.- Calidad del agua tratada en la planta norte	40
Cuadro 24.- Calidad del agua tratada en la planta sur.....	41
Cuadro 25.- Costos de rehabilitación de la planta norte	44
Cuadro 26.- Costos de rehabilitación de la planta sur	45
Cuadro 27.- Resumen de inversiones	46
Cuadro 28.- Resumen de costos de rehabilitación desagregados por concepto	46
Cuadro 29.- Costos desagregados de operación y mantenimiento.....	47
Cuadro 30.- Cálculo de Tarifas.....	48
Cuadro 31.- Comparación de costos anuales totales en función del plazo del contrato.....	48
Cuadro 32.- Costos de tratamiento para diversos escenarios de caudales	49
Cuadro 33.- Beneficios de la obra	50
Cuadro 34.- Indicadores de rentabilidad.....	51

I. Resumen ejecutivo

a) Problemática, objetivo y descripción de la obra

Problemática

La ciudad de Chihuahua cuenta con dos plantas para el tratamiento de sus aguas residuales, la planta norte con una capacidad nominal de tratamiento de 1,200 l/s y la planta sur con una capacidad nominal de 2,500 l/s. Debido a la diferencia entre la calidad supuesta y la calidad real de influente a la planta norte y limitaciones inherentes a sus deficitarios criterios de diseño, la capacidad real máxima de tratamiento de la planta norte es de 750 l/s. Las aguas tratadas por la planta norte son mayoritariamente suministradas para su comercialización a la red morada que sirve la al centro, norte y poniente de la ciudad, 250 a 300 l/s, y el resto, 80 a 130 l/s, es descargado al río Sacramento. En términos de caudal, la planta norte tiene la capacidad suficiente para satisfacer la demanda actual, 300 l/s y la demanda máxima futura, 500 l/s, de la red morada. Una pequeña parte de las aguas tratadas por la planta sur, 100 l/s, se envían a la red morada de la zona sur de la ciudad, otra parte, 800 l/s, a riego agrícola y el resto, 400 l/s, se descarga al río Chuvíscar. Las plantas operan prácticamente con los mismos equipos con que arrancaron desde los inicios de su operación, enero de 1995 para la planta norte y marzo de 2006 para la planta sur. Por los años de servicio que tienen las plantas, actualmente se ve seriamente comprometida su capacidad de prestar el servicio que la ciudad requiere y los riesgos de fallas en su operación serán inaceptablemente altos si nos se les prestan pronto los servicios de rehabilitación que se requieren. La planta norte presenta incumplimiento en el servicio que presta a la red morada, debido a frecuentes interrupciones en el servicio y una calidad deficitaria por presencia de basuras en el agua para reúso y por excesos en la concentración de nitrógeno en la descarga al río Sacramento. La planta sur se encuentra en mejores condiciones de funcionamiento, pero algunos de sus equipos han llegado ya al fin de su vida útil y deben ser reemplazados para poder garantizar un servicio eficaz y eficiente, en particular el sistema de alimentación de agua cruda, el sistema de desinfección y el sistema de deshidratado de lodos. El sitio actualmente empleado para la disposición de los lodos incumple con la normatividad vigente y puede ser objeto de clausura y/o multas por la autoridad ambiental.

Objetivo

El objetivo del proyecto es la rehabilitación de las plantas norte y sur, con la participación de un inversionista privado, para garantizar que las plantas puedan prestar de manera confiable, eficaz y eficiente con la producción de agua tratada con el caudal y la calidad que se requiere en el presente y para las demandas futuras previsibles.

Descripción de la obra

Las rehabilitaciones objeto del proyecto consisten fundamentalmente de las siguientes acciones:

- ✓ Modificaciones al esquema de manejo de las aguas residuales consistentes: en (i) eliminación de la descarga de la planta norte al río Sacramento, (ii) operación de la planta norte sólo para el caudal demandado por la red morada, (iii) derivación para su tratamiento a la planta sur de los caudales excedentes de aguas residuales generados en la zona norte y (iv) transferencia de los lodos generados en el tratamiento de las aguas de la planta norte para su tratamiento en la planta sur, a través de los colectores existente.
- ✓ Para ambas plantas: (i) sustitución de los equipos que han llegado al fin de su vida útil, (ii) reemplazo de procesos obsoletos por procesos más confiables y seguros como es el reemplazo de la desinfección con

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

cloro por la desinfección con luz ultravioleta, (iii) actualización tecnológica en los servicios de adquisición de datos y control de procesos, (iv) renovación de las instalaciones de servicio a las plantas como son laboratorios, oficinas, bodegas, talleres, etc., (v) sujeto a la confirmación de costos y a su redituabilidad económica, la recuperación de la energía, actualmente desperdiciada, de los gases producto de la digestión de los lodos para la producción de energía eléctrica, con la meta de alcanzar la autonomía energética de las plantas y reducir la emisión de gases efecto invernadero.

- ✓ Rehabilitación del mono-relleno para la disposición de los lodos de la planta.

b) Horizonte de evaluación, costos y beneficios de la obra

Horizonte de evaluación

Previo análisis de diversos horizontes de evaluación, y en virtud de que las inversiones iniciales en la rehabilitación de la obra son proporcionalmente mucho menores que las que serían en la construcción de un nuevo sistema de tratamiento de aguas y, consecuentemente, los costos de recuperación de la inversión, T1, son también proporcionalmente menores, se concluyó que un plazo de operación y mantenimiento de las instalaciones de sólo diez años es suficiente para que la JMAS obtenga los mayores beneficios de la participación de un inversionista prestador del servicio de rehabilitación, operación y mantenimiento de las plantas.

Costos de la obra

La inversión requerida para la rehabilitación de las plantas es de 180 M\$ y los costos anuales de operación y mantenimiento son de 71.9 M\$/año, para un caudal total de operación de 350 l/s en la planta norte y de 1,875 l/s en la planta sur, más, en ambos casos el IVA correspondiente. Los costos de inversión no incluyen la inversión extra que se requeriría para la recuperación de la energía, cuya inclusión sólo se justificaría si los beneficios por reducción en el costo de energía compensasen los costos de capital de las obras de cogeneración. Considerando un plazo de recuperación de la inversión de diez años y una tasa de retorno de 10 % anual, el costo de capital es de 21.1 M\$/año y el costo anual total es de 93 M/año. Bajo estas condiciones el costo unitario de tratamiento es de 1.33 pesos por metro cúbico de agua tratada, de los cuales el 23% corresponde al costo de capital. Cabe mencionar que el precio de venta del agua reusada es de 6.9 (¿?) \$/m3 y que la recuperación real por venta de agua tratada, considerando que una parte del agua tratada se entrega sin costo para usos municipales, es de 4.36 \$/m3. El valor presente del proyecto se calculó para tres escenarios con los siguientes resultados (calculados para los caudales de diseño de 350 y 1,875 l/s)

Plazo de operación y mantenimiento de las plantas	Valor presente del proyecto
10 años	622 M\$
12 años	670 M\$
20 años	792 M\$

Los principales conceptos de inversión (sin IVA) en la rehabilitación de las plantas son los siguientes:

Concepto	Planta norte M\$	Planta sur M\$	Total M\$
Sustitución de equipos y reemplazo de procesos obsoletos	40.4	61.3	101.7
Obra eléctrica instalación y montaje de equipos	11.3	17.3	28.6
Actualización tecnológica y renovación de instalaciones de servicio	5.0	8.0	13.0
Suma	56.7	86.7	143.3
Utilidad e indirectos	14.5	22.2	36.7
Total	71.2	108.8	180.0

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

c) Beneficios de la obra

Los principales beneficios del programa son la garantía de cumplimiento con la normatividad en las descargas de agua a bienes propiedad de la nación, cumplimiento con las normas de disposición de lodos y cumplimiento de los compromisos con los usuarios del agua tratada. Los incumplimientos con la normatividad implican el pago del derecho correspondiente de acuerdo con la Ley Federal de derechos.

d) Rentabilidad

Los Indicadores de la rentabilidad del proyecto son los que se consignan en la siguiente tabla:

Situación	Indicador financiero	
	Valor presente neto M\$	Costo anual M\$/año
Sin proyecto	-537	-87
Con proyecto	-447	-73
Ahorro	17%	

e) Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- 1) La planta norte presenta un alto riesgo de fallos en su operación que le impedirían dar tratamiento las aguas residuales, de los cuales los tres principales son:
- 2) En sus condiciones de operación actuales la planta norte tiene unas pérdidas de energía por el deterioro de su sistema de aeración que representan cerca de 3 M\$/año de gasto en exceso de energía.
- 3) En las condiciones en que se encuentra el sitio actual para la disposición de los lodos de la planta incumple con las normas que le son aplicables, razón por esta en riesgo de ser clausurado con las consecuentes multas, y, lo más importantes, las plantas no podrían operar de no contar con un sitio para disponer de los lodos generados.
- 4) Las modificaciones en el esquema de manejo de aguas residuales incorporadas al proyecto permiten eliminar el riesgo de multas por incumplimiento con la calidad de la descarga al río Sacramento y eliminan la muy costosa necesidad de reparar la línea de lodos de la planta norte.
- 5) El Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo permite la ejecución de las obras del proyecto en un plazo no mayor a 12 meses, contados a partir del fallo del concurso para la otorgación del contrato.
- 6) Con los limitados recursos financieros de la JMAS, aún complementados con créditos comerciales, la implementación del proyecto llevaría de 3 a 5 años, un plazo demasiado largo, considerando las consecuencias del posible fallo de los sistemas de tratamiento
- 7) La aplicación de los recursos financieros con los que actualmente cuenta la JMAS al proyecto permitiría iniciar de inmediato las obras de rehabilitación más urgentes de la planta norte, como son: (i) el soplador cuyo buen funcionamiento es indispensable para el proceso biológico de la planta, (ii) la

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

sustitución del sistema de desinfección con cloro por el sistema UV y (iii) la reparación del pretratamiento cuyo mal funcionamiento afecta todos los procesos subsecuentes y llega a causar problemas de presencia de basuras en el agua de la red morada. De aplicarse estos recursos, la inversión inicial del inversionista privado se vería reducida en la misma magnitud y, consecuente el monto de la T1 durante la vigencia del contrato.

- 8) La participación del inversionista privado en el proyecto permitiría optar por el aprovechamiento de los gases de la digestión para la cogeneración de energía calorífica, lo que tendría un impacto positivo en el costo total de tratamiento y reduciría la emisión de gases efecto invernadero.

Recomendaciones

1. Se recomienda la realización del proyecto de rehabilitación de las plantas bajo el esquema de un contrato de asociación público-privada (APP) como un Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo.
2. Se recomienda la aplicación inmediata de los recursos financieros con que actualmente cuenta la JMAS a la solución de los problemas más urgentes de la planta norte, incluyendo los sopladores de aire, la desinfección ultravioleta y la reparación y sustitución de equipos del pretratamiento.

II. Situación actual del proyecto

f) Diagnóstico

En esta sección se presenta las características de la situación actual y del déficit que presenta la capacidad en caudal y calidad del sistema de tratamiento de aguas residuales con que cuenta la ciudad de Chihuahua (la "oferta") y las necesidades de tratamiento (la "demanda") que impone la normatividad actual y los compromisos y metas de reúso del agua tratada.

La ciudad de Chihuahua cuenta con dos plantas para el tratamiento de las descargas de aguas residuales de su red de drenaje, la planta norte ubicada en la margen derecha del río Sacramento y la planta sur ubicada en la margen derecha del río Chuvíscar. La planta norte entró en servicio en el mes de enero del año 1996 y la planta su de marzo de 2006. Una parte de las aguas tratadas es distribuida a través de una red de suministro de agua tratada para reúsos, "red morada", varios y el resto es descargado a los ríos Sacramento y Chuvíscar. Los lodos producidos por las plantas son dispuestos en un predio localizado en la margen oeste de la carretera Chihuahua - Delicias a la altura del km 16.3. DE acuerdo con la normatividad ambiental vigente, las plantas deben de cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para las descargas a ríos con uso agrícola, con la norma NOM-003-SEMARNAT para reúso de agua tratada y con la NOM-004-SEMARNAT, clase C, para la disposición de los lodos de la planta.

Debido al estado en que se encuentran las instalaciones de las plantas norte y sur después de 23 y 12 años de servicio, respectivamente, es frecuente el incumplimiento con una o más de las normas aplicables y es probable que los incumplimientos se vuelvan más frecuentes debido al mal estado de los equipos de las plantas. Para evitar incumplimiento de las normas aplicables es urgente e indispensable una rehabilitación mayor de ambas plantas.

g) Análisis de la capacidad de tratamiento actual

En esta sección se presentan un análisis de la capacidad de tratamiento en caudal y calidad ("oferta") de la infraestructura con que cuenta la JMAS para dar tratamiento a las aguas residuales.

Sistema de manejo y descarga de las aguas residuales

El sistema de tratamiento de las aguas residuales se encuentra conectado con la red de drenaje y los cuerpos receptores del agua tratada de acuerdo con el croquis de funcionamiento hidráulico que se muestra en la siguiente figura.

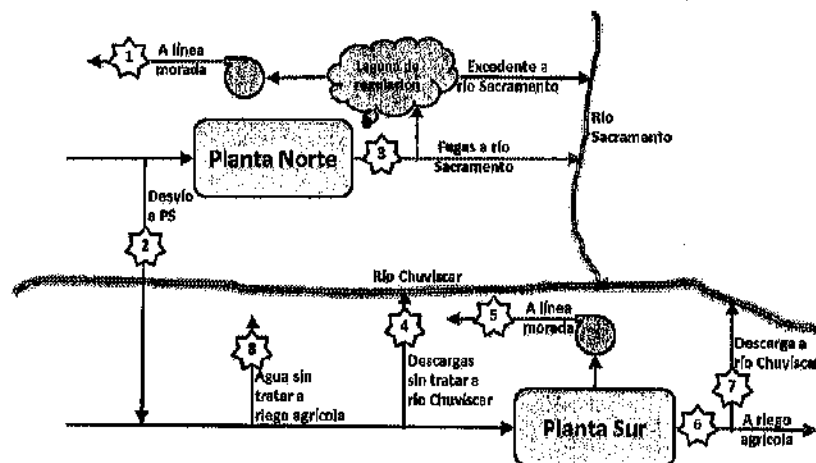


Figura 1.- Croquis de funcionamiento hidráulico

Planta norte

El caudal de diseño de la planta norte es de 1,200 l/s y está conformada por los procesos y operaciones unitarios que se muestran en la siguiente figura:

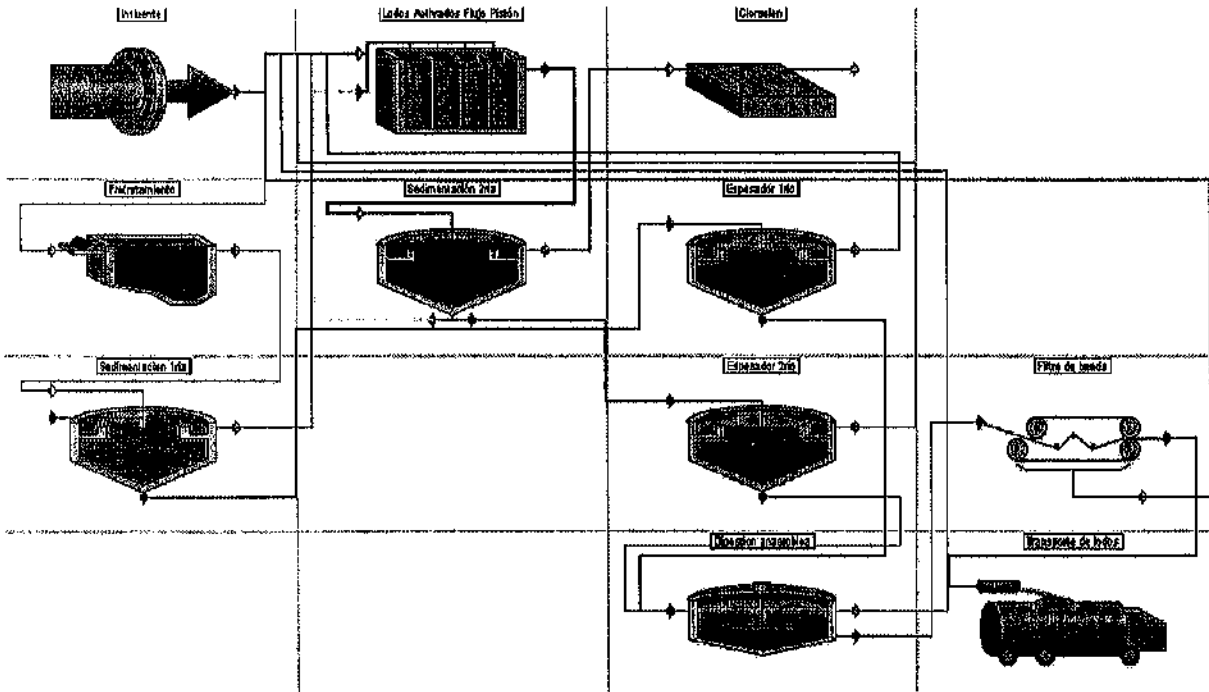


Figura 2.- Tren de proceso de tratamiento de planta norte

En la siguiente figura se muestra una imagen aérea de las instalaciones de la planta norte



Figura 3.- Imagen aérea de las instalaciones de la planta norte

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Las dimensiones de las instalaciones físicas de tratamiento de la planta norte y sus condiciones de operación para el gasto de diseño de 1,200 l/s son las que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.- Características de la infraestructura física de la planta norte

		Diseño	Unidades
Gasto		1,200	l/s
		4,320	m ³ /hr
Línea de agua			
Sedimentación primaria			
Cantidad		3	
Diámetro		35.0	m
Tirante de agua		3.0	m
Área		2,886	m ²
Volumen		8,659	m ³
TRH		2.0	hr
CHS		1.50	m/hr
Tanque de aeración			
Cantidad		3	
Largo		42.5	m
Ancho		20.0	m
Tirante de agua		5.0	m
Área		2,550	m ²
Volumen		12,750	m ³
TRH		3.0	hr
Sedimentación secundaria			
Cantidad		3	
Diámetro		48.0	m
Tirante de agua		3.0	m
Área		5,429	m ²
Volumen		16,286	m ³
TRH		3.8	hr
CHS		0.80	m/hr
Cloración			
Cantidad		1	
Largo		40.0	m
Ancho		17.5	m
Tirante de agua		2.8	m
Área		700	m ²
Volumen		1,960	m ³
TRH		0.5	hr

		Diseño	Unidades
Gasto		1,200	l/s
		4,320	m ³ /hr
Línea de lodos			
Espesador primario			
Caudal de lodos		34	m ³ /hr
Cantidad		1	m ³ /hr
Diámetro		16.0	m
Tirante de agua		3.0	m
Área		201	m ²
Volumen		603	m ³
TRH		17.7	hr
CHS		0.17	m/hr
Espesador secundario			
Caudal de lodos		47	m ³ /hr
Cantidad		2	
Diámetro		16.0	m
Tirante de agua		3.0	m
Área		402	m ²
Volumen		1,206	m ³
TRH		25.6	hr
CHS		0.12	m/hr
Digestor por lotes			
Caudal de lodos		629	m ³ /día
Cantidad		2	
Diámetro		22.0	m
Tirante de agua		12.5	m
Área		760	m ²
Volumen		9,503	m ³
TRH		15.1	días
Director (almacenamiento) para oleo 2do			
Cantidad		1	
Diámetro		22.0	m
Tirante de agua		12.5	m
Área		380	m ²
Volumen		4,752	m ³
TRH		7.6	días

TRH = tiempo de retención hidráulica, CHS = carga hidráulica superficial

Planta sur

El diagrama de procesos de tratamiento de la planta norte se presenta en la siguiente figura.

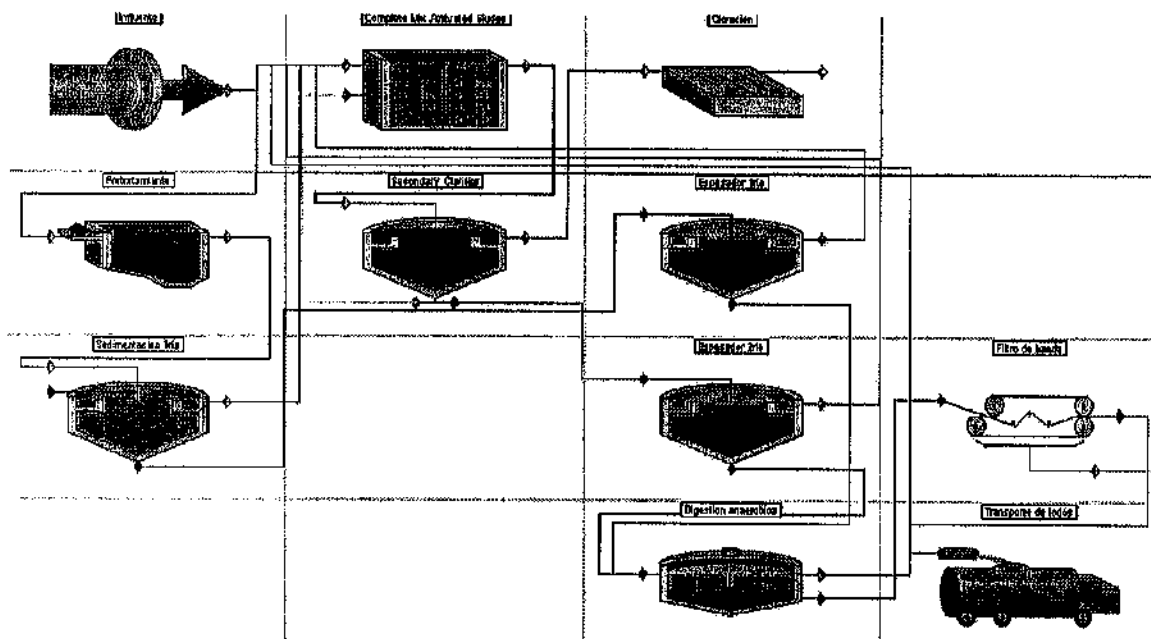


Figura 4.- Tren de procesos de planta sur

En la siguiente figura se muestra una Imagen aérea de la planta sur.

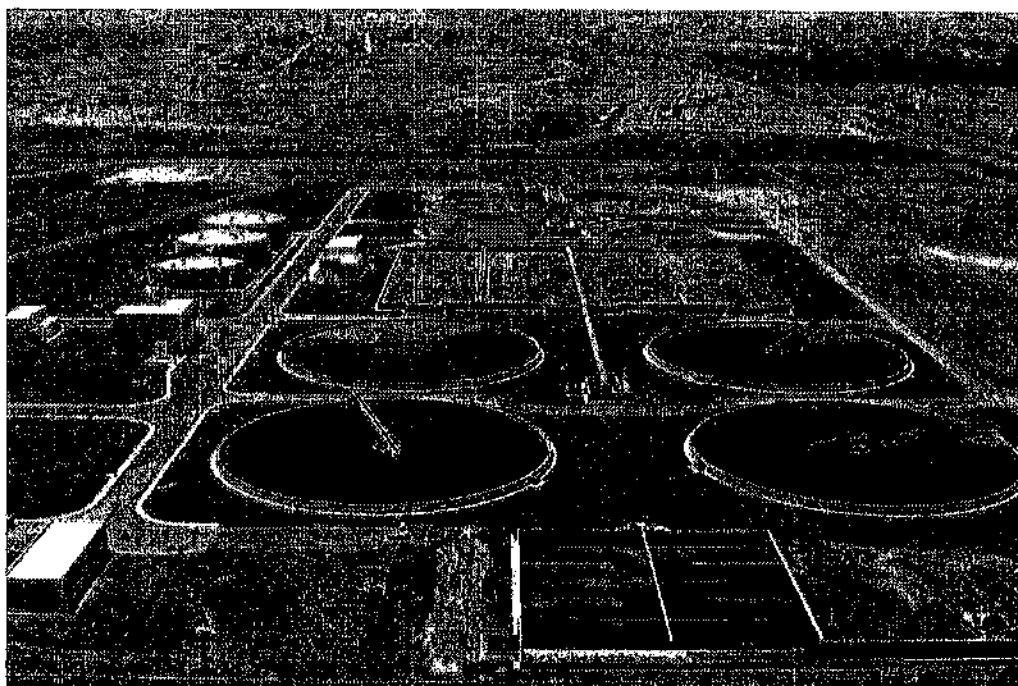


Figura 5.- Imagen aérea de las Instalaciones de la planta sur

Las dimensiones de las instalaciones físicas de tratamiento de la planta sur y sus condiciones de operación para el gasto de diseño de 2,500 l/s son las que se muestran en el siguiente cuadro:

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Cuadro 2.- Características de la Infraestructura física de la planta sur

Gasto	Diseño	Unidades	Gasto	Diseño	Unidades
	2,500	l/s		2,500	l/s
	9,000	m ² /hr		9,000	m ² /hr
Línea de agua			Línea de lodos		
Sedimentación primaria			Repasador primario		
Cantidad	4		Caudal de lodos	26.17	m ³ /hr
Diámetro	44.0	m	Cantidad	1	
Tirante de agua	3.0	m	Diámetro	16.0	m
Área	6,082	m ²	Tirante de agua	3.0	m
Volumen	18,246	m ³	Área	201	m ²
TRH	2.0	hr	Volumen	603	m ³
CHS	1.48	m/hr	TRH	23.1	hr
Tanque de aeração LA mañan completa			Espejado secundario		
Cantidad	4		Caudal de lodos	152	m ³ /hr
Largo	81.5	m	Cantidad	2	
Ancho	27.0	m	Diámetro	16.0	m
Tirante de agua	5.0	m	Tirante de agua	3.0	m
Área	8,800	m ²	Área	402	m ²
Volumen	43,999	m ³	Volumen	1,206	m ³
TRH	4.9	hr	TRH	7.9	hr
Sedimentación secundaria			CHS	0.38	m/hr
Cantidad	4		Digestor aerobico primario		
Diámetro	60.0	m	Caudal de lodos	1,203	m ³ /día
Tirante de agua	4.5	m	Cantidad	2	
Área	11,310	m ²	Diámetro	28.0	m
Volumen	50,894	m ³	Tirante de agua	14.5	m
TRH	5.7	hr	Área	1,232	m ²
CHS	0.80	m/hr	Volumen	17,857	m ³
Cloración			TRH	14.8	días
Cantidad	2		Digestor (almacenamiento) aerobico 2do		
Largo	36.1	m	Cantidad	1	
Ancho	19.0	m	Diámetro	28.0	m
Tirante de agua	3.7	m	Tirante de agua	14.5	m
Área	1,372	m ²	Área	616	m ²
Volumen	5,076	m ³	Volumen	8,928	m ³
TRH	0.56	hr	TRH	7.4	días

TRH = tiempo de retención hidráulica, CHS = carga hidráulica superficial

Sitio de disposición de lodos

El sitio actualmente empleado para la disposición de los lodos digeridos y deshidratados de las plantas es un predio de 25 ha que se ubica en la margen izquierda de la carretera a Ciudad Delicias a, aproximadamente, 23 km de la planta sur.

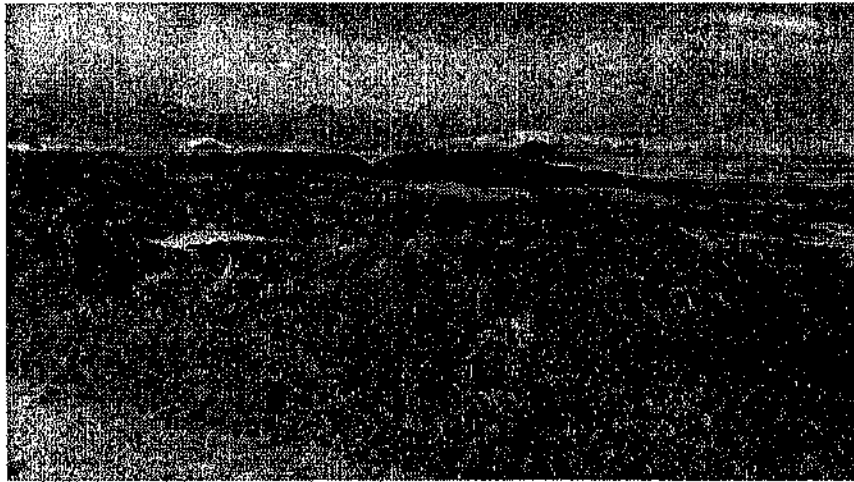


Figura 6.- Sitio de disposición de lodos

h) Demanda actual

En esta sección se presenta un análisis de los requerimientos, en términos de caudal y calidad, de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad en función de los caudales de agua residual que se generan, las normas de calidad de las descargas de agua tratada y los caudales y calidad requerida del agua tratada reutilizada.

En términos de caudal la demanda actual de tratamiento de aguas residuales, y la manera como está siendo satisfecha esta demanda, es la que se muestra en la siguiente figura:

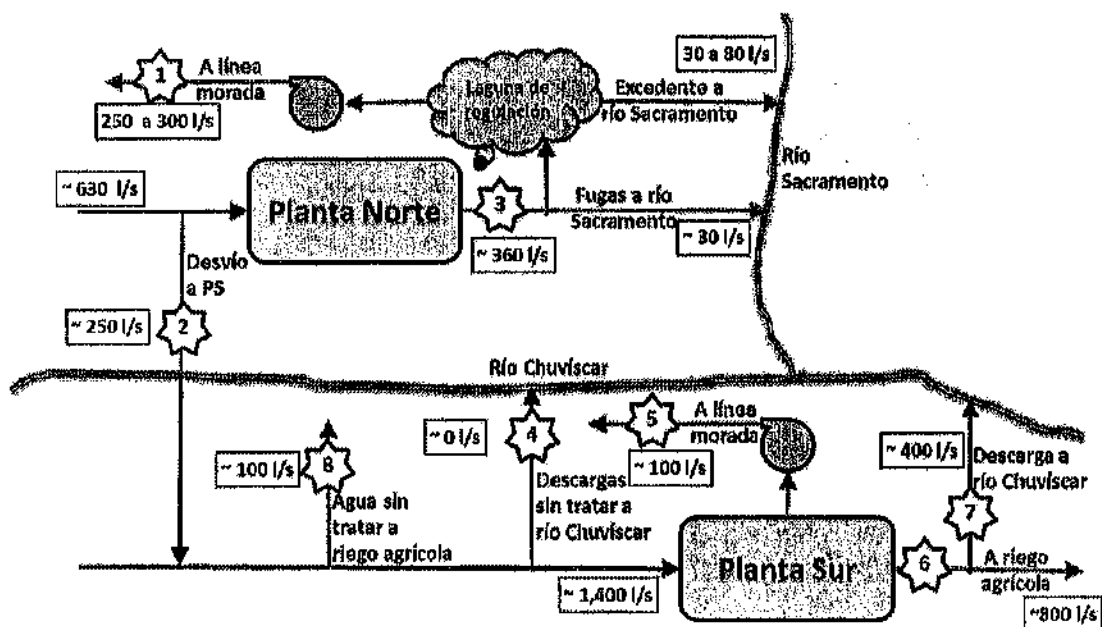


Figura 7.- Demanda actual de tratamiento de aguas residuales y de agua tratada para reúsos municipales

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

En términos de calidad la demanda del servicio de tratamiento de aguas residuales está definida por las características medias del agua residual influente y las normas de calidad con las que debe de cumplir el efluente. En los siguientes dos cuadros se presentan los datos de calidad del influente de ambas plantas.

Cuadro 3.- Calidad del influente a la planta norte
Enero a Julio 2017, concentraciones en mg/l, excepto S.Sed. (ml/l) y pH (UpH)

	DQO	SST	pH	S. Sed	Alcalinidad	G y A	NTK	N-NH3	P
Promedio	639	190	7.5	4.6	331	64	56.2	44.2	7.7
Desv. Estandard	85	75	0.1	1.1	39	27	6.2	4.8	1.7

Cuadro 4.- Calidad del influente a la planta sur
Enero a agosto 2017, concentraciones en mg/l, excepto S.Sed. (ml/l) y pH (UpH)

	DQO	DBO5	SST	pH	S. Sed	Alcalinidad	G y A	SAAM	NTK	N-NH3	P
Promedio	435	237	195	7.5	3.1	304	85	41	21	14	3.6
Desv. Estandard	114	76	56	0.3	0.6	51	54	21			1.3

Las normas de calidad con que debe cumplir el agua tratada que se descarga en los ríos Sacramento y Chuvíscar es la correspondiente a un cuerpo clasificado como "Río – riego agrícola, tipo A", de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Cuadro 5.- Normas de calidad para descargas a los ríos Sacramento y Chuvíscar
NOM-001-SEMARNAT-1996

Promedio mensual, concentraciones en mg/l

Parámetro	SST	DBO	DQO	N	P	Arsénico	Cadmio	Cia-nuros	Cobre	Cromo	Mer-curio	Níquel	Plomo	Zinc
Riego agrícola Tipo A	150	150	400	40	20	0.2	0.2	1	4	1	0.01	2	0.5	10

Las altas concentraciones de nitrógeno en el influente de la planta norte (56.2 mg/l) impiden que la descarga de agua tratada cumpla con la norma de nitrógeno aplicable (40 mg/l).

Las normas aplicables para el agua tratada para reúso son las que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 6.- Normas de calidad para reúso de agua tratada
NOM-003-SEMARNAT 1997

Promedio mensual, concentraciones en mg/l

Tipo de reúso	Coliformes fecales	Huevos de helminto	Grasas y aceites	DBO	SST
	NMP/100 ml	h/l	mg/l	mg/l	mg/l
Servicio al público con contacto directo	240	≤ 1	15	20	20
Servicio al público con contacto indirecto u ocasional	1000	≤ 5	15	30	30

**Cuadro 7.- Normas de calidad de lodos para disposición final
NOM-004-SEMARNAT**

Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos

Clase	Aprovechamiento		
C	Usos forestales, Mejoramientos de suelos, Usos agrícolas		

Clase	Indicador bacteriológico de contaminación	Patógenos	Parásitos
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella spp.</i> NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

i) Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda

En esta sección se presenta el análisis de los déficits de la capacidad de tratamiento, en términos de caudal y capacidad ("oferta"), con respecto a las demandas.

Oferta y demanda planta norte

La planta norte inicio operaciones en 1995, es una planta de tratamiento secundario en la modalidad de lodos activados, fue diseñada para un caudal de 1,200 l/s. La población beneficiada con esta gran obra de saneamiento es de 300,000 hab de la zona norte de la ciudad. El agua tratada que actualmente se obtiene de esta planta abastece hasta 350 l/s a la red morada de la ciudad, brindando servicio a diferentes sectores como campos de golf, parques y jardines, construcción, industrias y lavado de autos. Con el reuso del agua tratada de esta planta, la ciudad esta en posibilidad de satisfacer de manera mas eficiente el abastecimiento de agua potable a la población.

La capacidad real de tratamiento es menor que la capacidad de diseño por la conjugación de dos factores (i) una concentración de contaminantes en el influente mayor que la supuesta y (ii) unos criterios originales de diseño en los límites inferiores, o por debajo, de lo aconsejado por los manuales de diseño. En el siguiente cuadro se presentan los datos de calidad real del influente, comparados con los datos supuestos en el diseño y su impacto en la capacidad real de tratamiento

Cuadro 8.- Capacidad nominal de tratamiento de la planta norte

Gasto de diseño = 1,200 l/s

Parametro	Unidades	Influyente					Base de revisión del diseño	Gasto admisible en términos de masa l/s
		Año 2015	Enero a Julio 2017	Bases de diseño original	Promedios 2015 a Julio 2017	Percentil 80 todos los datos		
DQO	mg/l	588	639	396	614	676	650	744
DBO	mg/l	275	299	191	287	320	300	768
SST	mg/l	193	190	300	192	233	200	1,891
NTK	mg/l	59	56	31	58	63	58	657
P	mg/l	7.1	7.7	1.6	7.4	8.2	7.7	250

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Actualmente la planta norte tiene ya más de 22 años en operación continua, con el objetivo de mantener en buenas condiciones de operación la planta, para dar cumplimiento a las diferentes normatividades en materia ambiental, así como para cumplir con los requerimientos de agua tratada para la red morada de la ciudad de Chihuahua, es necesario realizar la sustitución de la mayoría de los equipos, lo anterior debido a que casi todos los equipos ya cumplieron su vida útil. La capacidad nominal de tratamiento de la planta sur se ve seriamente comprometida por el estado que guardan los equipos, algunos de los cuales deben ser reemplazados.

Un diagnóstico de las condiciones de la planta se presenta a continuación:

Pretratamiento

Las rejas con las que se cuenta actualmente, además de que tienen ya 22 años de operación, están hechas de acero al carbón el cual por acción de los ácidos y químicos del drenaje se encuentra en condiciones bastante degradados, por lo anterior se requiere del remplazo completo del sistema de rejillas por una tecnología nueva y elaborada en acero inoxidable. Se cuenta con tres desarenadores por gravedad, de los cuales dos se encuentran en funcionamiento, se requiere la adquisición de un nuevo sistema de desarenado con tecnología más moderna y más compacta, pues los equipos actuales están cerca de alcanzar su vida útil.

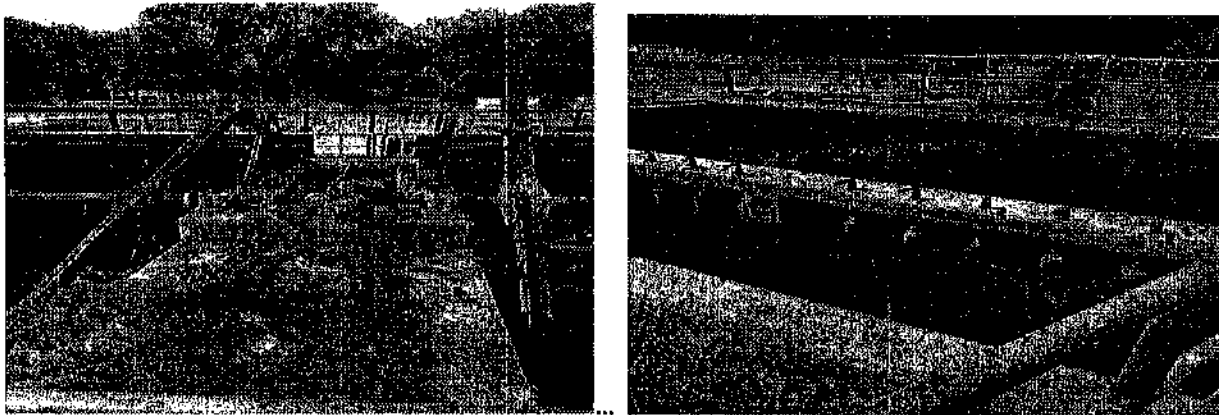


Figura 8.- Pretratamiento en planta norte: rejillas y desarenación

Reactores biológicos

El efluente clarificado es recibido en las cajas de alimentación de los reactores biológicos aeróbicos. Los tres reactores con que cuenta la planta operan en paralelo. En esta etapa del proceso se remueve DBO, DQO y sólidos suspendidos por un proceso de oxidación y conversión de los compuestos a CO₂ y H₂O; este proceso es llevado a cabo por microorganismos que al degradar la materia orgánica se reproducen generando lodo de exceso que debe ser removido periódicamente. El proceso biológico es del tipo "Lodos Activados", en este proceso los microorganismos son mezclados completamente con la materia orgánica de tal manera que ellos puedan crecer y estabilizar a los orgánicos. Mientras los organismos crecen y son mezclados por la agitación con aire con los sistemas de difusores, los organismos individuales se juntan (floculan) para formar una masa de "floc microbial" llamado "lodo activado". Los Sistemas de difusión son del tipo burbuja fina, cada reactor cuenta con 3500 difusores distribuidos a lo largo del reactor en porcentaje de 50%-30%-20%. El Aire requerido para llevar a cabo la reacción en los Tanques de Aireación es suministrado por los sopladores tipo centrífugo, 3 en operación y uno en espera. El requerimiento considerado de oxígeno es: 1.1 Kg O₂ /Kg DBO₅ aplicada y 4.6 Kg O₂/Kg TKN aplicada. La mezcla del lodo activado y el agua residual en los Tanques de Aireación es llamada "licor mezclado". El licor mezclado fluye de los Tanques de Aireación mediante las cajas derivadoras a los Clarificadores Secundarios.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

El oxígeno disuelto juega un rol muy importante en el proceso de degradación biológica que se lleva a cabo en los reactores biológicos, ya que los microorganismos encargados de realizar la degradación de la materia orgánica son aerobios, por otro lado, la buena difusión de este dentro de los reactores permite mantener en mezcla el agua residual con el licor mezclado. El sistema de aireación actual presenta una gran deficiencia en cuanto a los equipos generadores de aire (sopladores), así como las líneas de distribución y de difusión de oxígeno, las cuales tienen graves deterioros y en su mayoría se encuentran rotas, esto ocasiona que el aire suministrado al reactor biológico se pierda en la atmósfera y la difusión de oxígeno disuelto en el reactor biológico sea muy pobre, con la consecuente mala degradación de materia orgánica y baja calidad de agua tratada. El reactor biológico es el corazón de una planta de lodos activados ya que es en esta etapa del tratamiento donde se lleva a cabo la mayor remoción de carga contaminante, así mismo es la etapa que tiene un mayor consumo de energía eléctrica generado por los sistemas de aireación. Por otro lado, para poder tener un control del proceso es indispensable contar con una medición confiable de la concentración de oxígeno disuelto que se mantiene en los reactores por lo anterior es urgente e indispensable realizar la adquisición del sistema de aireación completo.

Desinfección

El efluente clarificado ya tratado, se recibe por gravedad en dos tanques de contacto de cloro los dos en operación. En esta etapa del proceso ocurre la reducción de los coliformes fecales y coliformes totales por medio de la adición de cloro al agua. En el tanque de contacto de cloro es adicionada agua con cloro mediante difusores que están diseñados para proporcionar un mezclado inmediato, lo cual aumentará la eficiencia del proceso de desinfección. La dosis de cloro a adicionar es de 8 mg/l. Los tanques de contacto del cloro están diseñados con 30 minutos a un flujo promedio de 1200 l/s; la obra civil de los tanques de cloración esta en buen estado, sin embargo, el equipo de cloración, con más de 22 años de servicio se encuentran al fin de su vida útil. El sistema de desinfección usado actualmente es por medio de cloración el cual de acuerdo a la ley se considera como un residuo altamente riesgoso, considerando lo anterior, así como el tiempo de uso del equipo actual se recomienda realizar la adquisición de un nuevo sistema de desinfección en base a UV

Tratamiento de lodos

El sistema de bombeo de lodos primarios y secundarios y de lodos espesados cuenta ya con 22 años de operación, sin que a la fecha se haya realizada la sustitución de estos equipos, la planta opera de manera continua 24h del día los 365 días del año, lo cual ha provocado el desgaste de dichos equipos además de que ya se cumplió su vida útil. El tren de lodos es una parte muy importante en el tratamiento de aguas por lo cual es indispensable tener en buenas condiciones el equipo de bombeo de estos. Por lo anterior expuesto se requeriría de la adquisición de 2 bombas para lodos espesados y 4 bombas de lodos activados para poder seguir operando la línea de tratamiento de lodos.

Los tanques de digestión carecen de un sistema adecuado de calentamiento, para el control de temperatura en el proceso de digestión, así como de bombeo y de mezclado, por lo que todo el proceso de digestión requeriría una rehabilitación mayor y el reemplazo de los equipos mecánicos.

Conclusiones

La planta requerirá de extensas rehabilitaciones, tanto en su línea de tratamiento de agua como en la línea de tratamiento de lodos para poder alcanzar su capacidad tórica de tratamiento de 750 l/s con sus tres líneas de tratamiento de agua en servicio.

Las fallas en el suministro de agua a la red morada, tanto por caudal como por calidad, ocasionan pérdidas en el ingreso por venta de agua tratada, que actualmente promedian 4.36 \$/m³

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

En términos de caudal, la planta con dos módulos rehabilitados tendrá capacidad para tratar toda el agua que requiere actualmente la línea morada. En términos de calidad, la planta no puede cumplir con la norma de nitrógeno en la descarga al río Chuvíscar, salvo con extensas y costosas modificaciones al tren de procesos de tratamiento, razón por la cual se optó por implementar algunas modificaciones al esquema de manejo de las aguas residuales que más adelante se detallan y que darán solución a este problema a un costo mucho menor.

Oferta y demanda de la planta sur

El diagnóstico de las condiciones de operación de la planta sur arrojó los siguientes resultados.

Equipo de bombeo

La planta sur está diseñada para tratar un flujo promedio diario de 2,500 l/s con posibilidad de absorber picos instantáneos de hasta 4,500 l/s. Hidráulicamente, las tuberías y canales a gravedad de la planta han sido diseñados para poder conducir el flujo pico de 4,500 l/s cuando todos los trenes de la planta se encuentren en operación simultánea. Los excedentes a este flujo, así como el agua fuera de especificaciones se enviarán a la salida de la Planta. El agua residual proveniente del Emisor Plomeros y el Colector Praderas es recibida en el cárcamo de bombeo de agua cruda, donde se encuentran las bombas sumergibles de impulsor centrífugo helicoidal, 5 en operación y una en espera, las cuales tienen una capacidad individual de 500 l/s y 9 metros columna de agua (mca) a 900 l/s y 8.3 mca, para cubrir el flujo pico. Las Bombas elevan el agua residual y la descargan a la caja de alimentación de los Canales de Rejillas, a partir de aquí se lleva a cabo el flujo del agua por gravedad. Cuando el flujo de agua excede el flujo pico de 4500LPS el excedente se deriva al Río Chuvíscar por medio de la compuerta de desfogue. De acuerdo a estudios realizados por diferentes proveedores de equipo de bombeo se diagnosticó que ya no es rentable la reparación las bombas actuales y que es necesario sustituir por completo todo el equipo de bombeo actual, así mismo cambiar de bombas sumergibles a bombas superficiales.

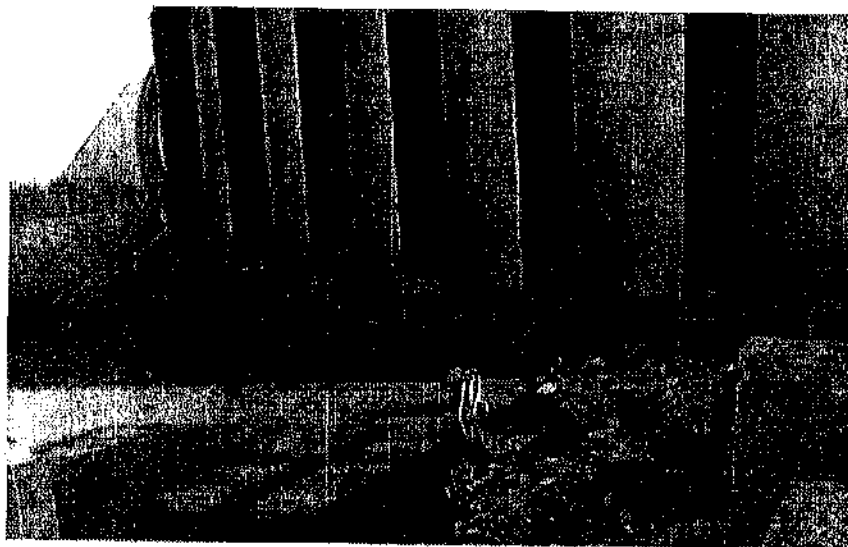


Figura 9.- Cárcamo de bombeo de aguas crudas de planta sur

Desinfección

El sistema de desinfección empleado es el de cloración, con equipos que, después de 12 años de servicio ininterrumpido se encuentran muy cerca del fin de su vida útil. Se recomienda que la sustitución del equipo de desinfección sea con un proceso de luz ultravioleta.

Deshidratado de lodos

El deshidratado de los lodos digeridos se realiza con un equipo de filtros de banda que trabajan 24 hrs por día, siete días a la semana, a pesar de que los manuales de diseño y operación recomiendan ciclos más cortos, después de 12 años de operación sus condiciones actuales de funcionamiento están muy por debajo de las requeridas y eso se refleja en la baja eficiencia en el deshidratado de los lodos. El equipo se encuentra en muy malas condiciones y requiere ser reemplazado. Los lodos deshidratados son transportados vía tractocamiones y en las condiciones actuales se requiere de un nuevo tractocamión.

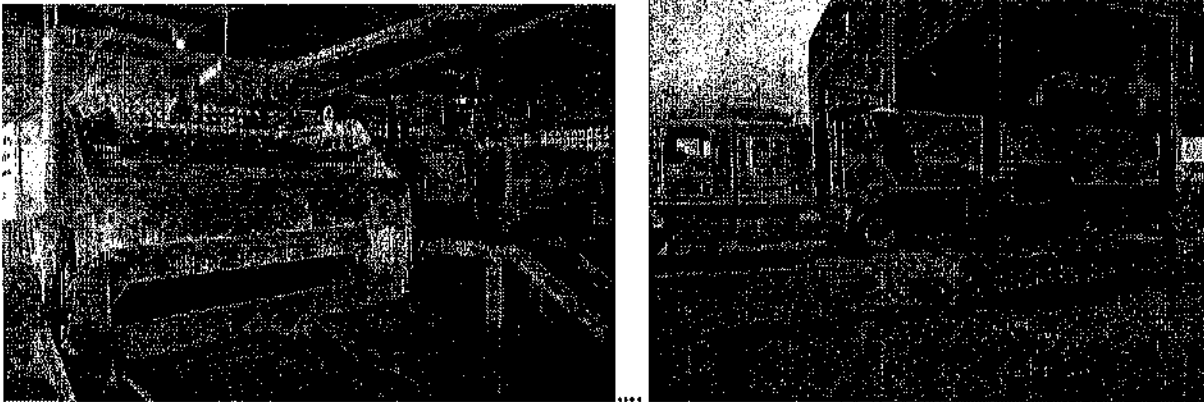


Figura 10.- Filtro de banda y tractocamión de planta sur

Obras menores

El funcionamiento de la planta se ve afectado por fallas en equipos mecánicos que requieren ser rehabilitados, entre otros:

- i. la compuerta de desfogue de demasías a la entrada de la planta,
- ii. El equipo de transmisión de las rejillas gruesas,
- iii. Sensores de oxígeno en los reactores biológicos,
- iv. Anillos centrales para el direccionamiento del flujo en los sedimentadores,
- v. Bombas para el manejo de lodos (lodos 1ro, lodos activos, lodos espesados, lodos digestores, etc.)

Digestores

Los porcentajes de destrucción de materia orgánica en el sistema de digestión están por debajo de lo que señala la norma correspondiente, y también por debajo de lo que recomiendan los manuales de diseño. El incumplimiento con la norma puede dar lugar a la imposición de un pago por derecho y/o a la clausura de la planta. El sistema de digestión genera una gran cantidad de metano con un alto contenido energético, actualmente sólo una parte de esa energía se emplea en el calentamiento de los digestores, el resto de la energía podría ser aprovechada para la generación de la energía eléctrica que la planta necesita, pero para eso se requeriría de una extensa rehabilitación de todo el sistema de digestión, incluyendo mezclado, calentamiento, desazolve, control de fugas de gas en la cubierta, lavado de gases, gasómetros para la regulación de la alimentación de gas a las unidades de co-generación, etc.

Conclusiones

Con la rehabilitación de sólo tres de las cuatro líneas de agua, la planta estará en posibilidad de satisfacer ("oferta"), en términos de caudal y calidad, las necesidades actuales de tratamiento ("demanda") de la ciudad y las del crecimiento previsible en generación de aguas residuales. En términos de generación de lodos, las obras de rehabilitación mencionadas son necesarias para poder cumplir con las normas de calidad de lodos para su

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

disposición en el mono-relleno. De resultar económicamente rentable, la cogeneración de energía eléctrica requerirá de la previa rehabilitación mayor de todo el sistema de digestión de lodos.

Disposición final de lodos

El sitio actualmente empleado para la disposición de los lodos digeridos y deshidratados de las plantas es un predio de 25 ha que se ubica en la margen izquierda de la carretera a Ciudad Delicias a, aproximadamente, 23 km de la planta sur. Si bien el sitio cuenta con una Geomembrana para evitar la contaminación de los acuíferos por los lixiviados de los lodos, no cuenta con celdas con bordo que eviten el escurrimiento superficial de los lixiviados y la contaminación de los arroyos cercanos. Tampoco cumple con los protocolos que marca la NOM-004 SEMARNAT en los que se refiere a control de accesos, bitácoras, etc., todo lo cual puede dar motivo a la clausura, no sólo del sitio de disposición de los lodos, sino también a las plantas de tratamiento. Para la solución de estos incumplimientos se requiere de la construcción de celdas para la retención de los lixiviados y la implementación de protocolos de operación acordes con lo que pide la normatividad.

III. Situación sin el Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo

En esta sección se presenta un análisis de lo que sería la situación sin el Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo y con las optimizaciones que pueden realizarse, así como de los supuestos técnicos y económicos utilizados para el análisis y el horizonte de evaluación

En caso de no contarse con el PIPLP podrían tomarse algunas acciones para mitigar el riesgo de incumplimiento con la normatividad ambiental y/o con los compromisos de entrega de agua tratada, incluyendo medidas de carácter operativo, y administrativo, así como algunas acciones sobre la infraestructura calendarizadas a lo largo de varios años, acorde con la capacidad económica de la JMÁS.

a) Optimizaciones

Eliminación de descargas al río Sacramento

La planta Norte cuenta con tres líneas paralelas para el tratamiento de agua y tiene una capacidad nominal de 1,200 l/s, pero su capacidad real (por las diferencias que hay en las concentraciones de contaminantes que se usaron en las bases de diseño y las que hay en la realidad, y por los estrechos márgenes de seguridad que se utilizaron en el proyecto original) es de sólo 750 l/s, equivalente a 250 l/s por cada tren de tratamiento. El gasto medio tratado en los últimos tres años es de 374 l/s, el gasto demandado de agua tratada para reúso es actualmente de 250 a 300 l/s (dependiendo de la temporada de lluvia) y la JMÁS estima que la demanda futura no crecerá por encima de los 450 l/s. Para evitar las sanciones que representaría la descarga del efluente al río Sacramento, se propone cancelar las descargas al río Sacramento y tratar sólo los volúmenes de agua que se demanden para reúso, para lo cual sólo se necesita rehabilitar dos de los tres trenes de tratamiento de agua con que cuenta la planta. Los caudales de agua residual que lleguen a la planta Norte, por encima del caudal que se requiere para reúso, se encausarían para su tratamiento a la planta Sur que tiene costos más bajos de tratamiento por metro cúbico.

Transferencia de lodos de la planta norte a la planta sur y operación integrada de ambas plantas

El esquema de operación integrado de las plantas Chihuahua Norte y Chihuahua Sur incluye la eliminación del tratamiento de lodos en la planta norte y el traslado de los lodos líquidos, vía colectores existentes, para su tratamiento en la planta sur.

La planta sur rehabilitada tiene capacidad para tratar hasta 2,500 l/s, pero en un escenario inercial el incremento en el caudal de aguas residuales a tratar en esta planta no excederá de 1,875 l/s en un futuro previsible, caudal que puede ser tratado operando sólo tres de sus cuatro trenes de tratamiento de agua. De presentarse cambios estructurales en el suministro de aguas a Chihuahua (por ejemplo, el desarrollo de nuevas fuentes de agua que incrementen substancialmente el caudal de aguas suministrado) el incremento en la generación de aguas residuales podría tratarse en la planta sur poniendo en servicio la cuarta línea de agua. La capacidad de tratamientos de lodos de la planta norte corresponde a los lodos generados por un caudal de aguas residuales de 1,200 l/s, sin embargo, con el paso de los años, las instalaciones para el tratamiento de los lodos se han visto considerablemente deterioradas

Dado que la capacidad nominal de tratamiento de lodos de la planta norte es muy superior a la requerida y al mal estado en que se encuentran sus instalaciones de la línea de lodos, se considera injustificadamente onerosa la rehabilitación de su línea de lodos, si se cuenta con la alternativa de enviar los lodos de la planta norte a la planta sur, ya que (i) la línea de lodos de la planta sur se encuentra en mejores condiciones de servicio que la de la planta norte y (ii) a que tiene la capacidad suficiente para tratar los lodos de ambas plantas, aún en la segunda etapa. Para el envío de los lodos de la planta norte a la planta sur se pueden

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

aprovechar los colectores existentes, lo que evita la necesidad y el costo de construir una planta de bombeo de lodos y una nueva línea de conducción. Con las optimizaciones, el diagrama de flujo de las aguas residuales en la red drenaje y de las plantas de tratamiento quedará como se muestra en la siguiente figura.

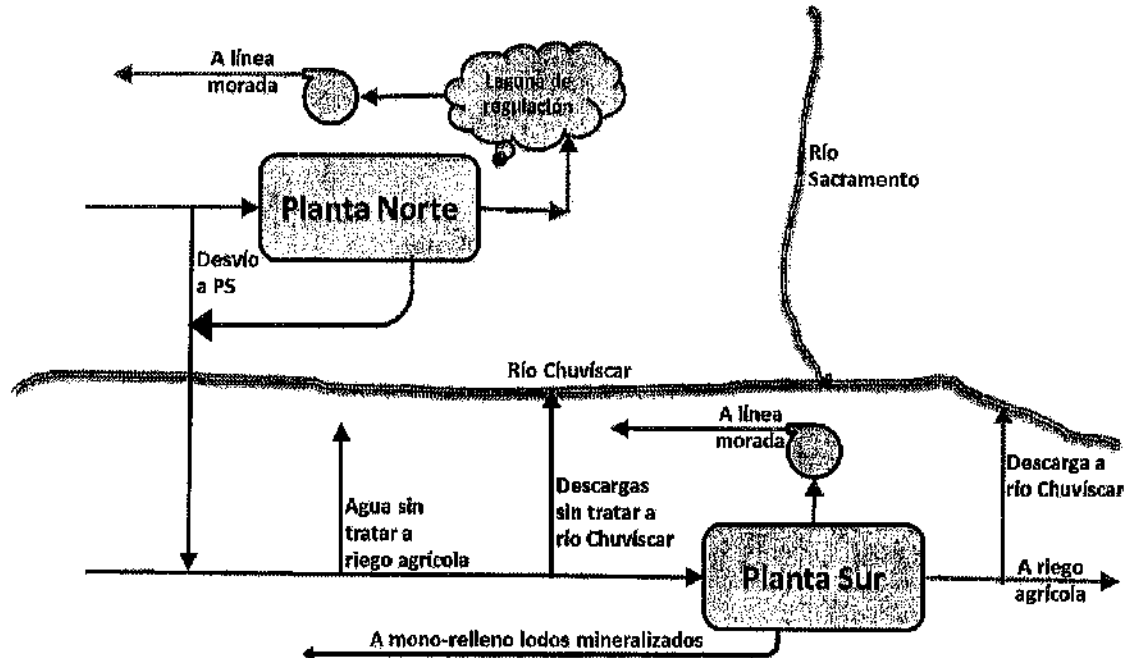


Figura 11.- Optimización al esquema de manejo de las aguas residuales

Con este esquema de manejo de las aguas residuales se incrementa ligeramente el caudal de aguas a tratar y en mayor medida en la carga de sólidos suspendidos volátiles (SSV), sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) en la planta sur, lo que implica una mayor carga de lodos a los digestores, una mayor producción de gas y un mayor potencial de generación de energía con el gas producido.

La aportación másica de los lodos de la planta norte a la planta sur afecta significativamente las concentraciones de contaminantes en el influente de la planta; para un caudal de operación de la planta norte de 350 l/s la carga de contaminantes aportada a la planta sur es la que a continuación se indica:

Cuadro 9.- Carga másica de lodos de planta norte a influente de planta sur

para un gasto de 350 l/s en planta norte

Parámetro	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Caudal	7.79	l/s	673	m ³ /día
SST	13,919	mg/l	9.37	t/día
SSV	10,700	mg/l	7.20	t/día
BOD	6,066	mg/l	4.08	t/día
COD	21,915	mg/l	14.75	t/día

Bajo estas condiciones la generación de lodos en la planta sur, operando con un gasto de 1,875 l/s, es la siguiente:

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Cuadro 10.- Generación de lodos en planta sur
con $Q_n = 350$ l/s y $Q_s = 1,875$ l/s

	Lodos primarios		Lodos secundarios		Total	
	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día
Caudal	4.83	417	6.53	564	11.35	981
SST	50,000	20.85	50,000	28.20	50,000	49
SSV	37,500	15.64	40,100	22.62	38,995	38
BOD	26,700	11.13	9,460	5.34	16,788	16
COD	72,500	30.23	60,100	33.90	65,371	64

Estos resultados son de particular importancia en la evaluación de dos opciones de rehabilitación de la planta sur: (i) incluir un proceso de acondicionamiento de los lodos previo a la digestión para incrementar la eficiencia de la digestión y la producción de biogás y (ii) incluir un proceso de cogeneración para producir la energía eléctrica que la planta necesita. En lo que se refiere a los balances de energía, se calculó el consumo de energía eléctrica de la planta y el potencial de generación a partir del biogás (sin considerar el acondicionamiento previo de los lodos) con los resultados que más adelante se presentan. En el siguiente cuadro se presenta el impacto en la calidad y cantidad de aguas residuales que llegan a la planta sur bajo diversos escenarios de caudal de operación de ambas plantas.

Cuadro 11.- Impacto de la transferencia de lodos de la planta norte en el influente de la planta sur
Caudales en m³/día, concentraciones en mg/l

Param.	Escenario 1.- 300 y 1500 l/s					Escenario 4.- 300 y 1875 l/s				
	Lodos de PN		Influente a planta sur			Lodos de PN		Influente a planta sur		
	1ríos	2ríos	Original	Corregido	Incr.	1ríos	2ríos	Original	Corregido	Incr.
Q	75.3	502	129,600	130,102	0.4%	75.3	502	162,000	162,502	0.3%
SS	40,000	10,000	200	261	30.5%	40,000	10,000	200	249	24.4%
%V	75%	78%	75%	75%		75%	78%	75%	75%	
DBO	31,200	2,290	240	266	10.8%	31,200	2,290	240	261	8.7%
Sol DBO	200	4	120	120		200	4	120	120	
DQO	89,900	11,700	450	545	21.2%	89,900	11,700	450	526	17.0%
Sol DQO	390	6	225	224		390	6	225	225	
TKN	1,050	819	23	27	16.0%	1,050	819	23	26	12.8%
Sol TKN	23	40	17	17	0.6%	23	40	17	17	0.5%
N-NH ₃	23	10	12	12	0.0%	23	10	12	12	0.0%
P	140	160	4	5	17.1%	140	160	4	5	13.7%

Param.	Escenario 2.- 350 y 1500 l/s					Escenario 3.- 350 y 1875 l/s				
	Lodos de PN		Influente a planta sur			Lodos de PN		Influente a planta sur		
	1ríos	2ríos	Original	Corregido	Incr.	1ríos	2ríos	Original	Corregido	Incr.
Q m ³ /día	88	585	129,600	130,185	0.5%	88	585	162,000	162,585	0.4%
SS	40,000	10,000	200	271	35.5%	40,000	10,000	200	257	28.4%
%V	75%	78%	75%	75%		75%	78%	75%	75%	
DBO	31,200	2,290	240	270	12.6%	31,200	2,290	240	264	10.1%
Sol DBO	200	4	120	120		200	4	120	120	
DQO	89,900	11,700	450	561	24.7%	89,900	11,700	450	539	19.8%
Sol DQO	390	6	225	224	-0.3%	390	6	225	224	-0.3%
TKN	1,050	819	23	27	18.6%	1,050	819	23	26	14.9%
Sol TKN	23	40	17	17	0.7%	23	40	17	17	0.5%
N-NH ₃	23	10	12	12	0.1%	23	10	12	12	0.0%
P	140	160	4	5	19.9%	140	160	4	5	15.9%

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Bajo el nuevo esquema de operación el diagrama de flujo de procesos de ambas plantas es el que se muestra en la siguiente figura.

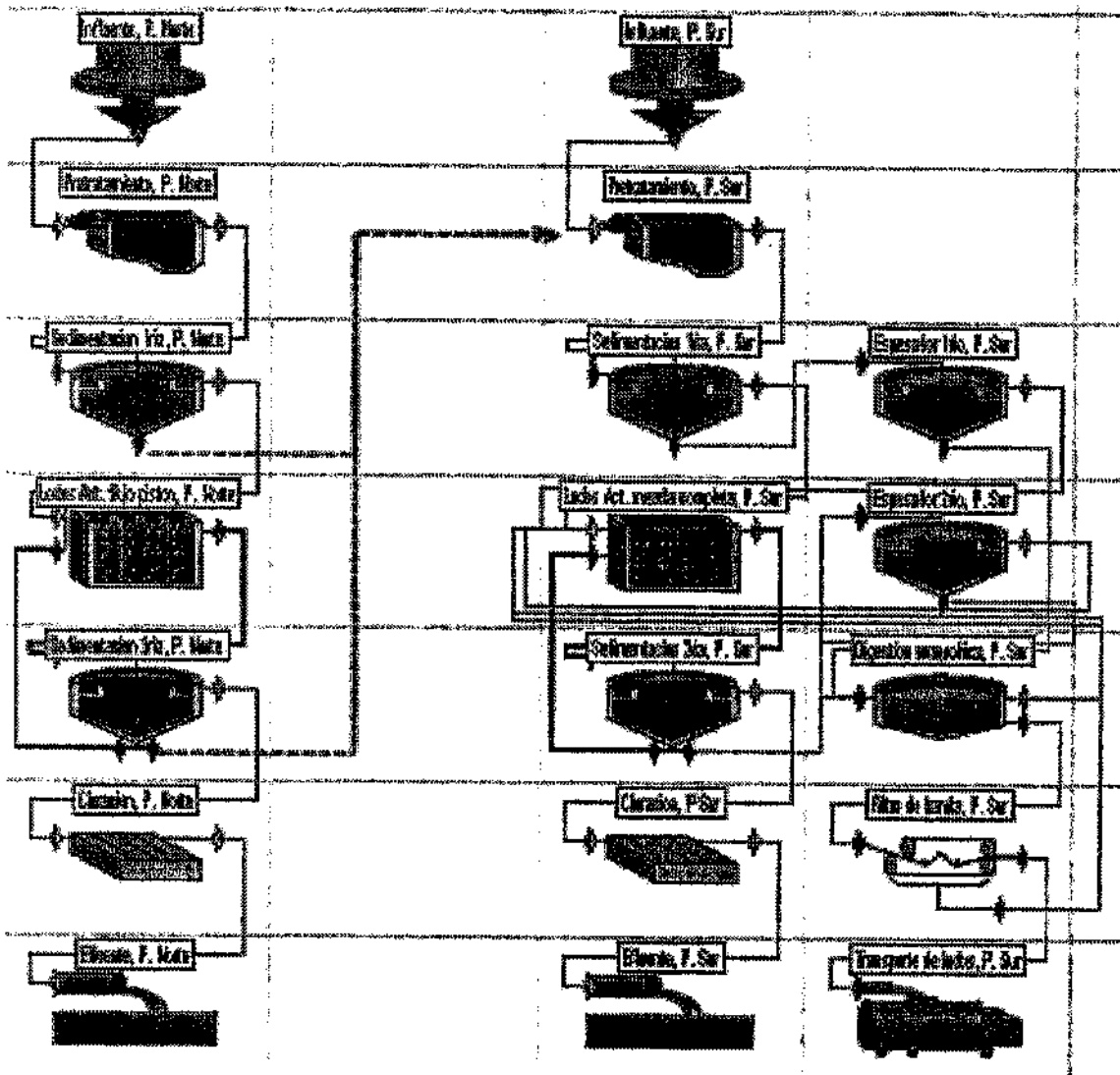


Figura 12.- Diagrama de procesos de con funcionamiento integrado de ambas plantas

b) Análisis de la oferta

En esta sección se analizan los resultados de las optimizaciones en la calidad y cantidad de la oferta de servicio del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Con las optimizaciones descritas en la sección II-a se modifican las condiciones de la oferta de servicios prestados por el sistema de tratamiento de aguas residuales en los siguientes aspectos:

- i. Se elimina el riesgo actual de incumplimiento en la calidad de la descarga de agua al río Sacramento,
- ii. Persiste el riesgo de incumplimiento con calidad y cantidad de agua entregada a la red morada, sin embargo, con las acciones contempladas en la sección II-e, "Alternativas de solución técnica", se pueden mejorar las condiciones de operación de la planta norte y mitigar este riesgo,

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

- iii. Se incrementan las posibilidades de cumplir con las normas de lodos (NOM-004-SEMARNAT-2002) al tratar todos los lodos en la línea de lodos de la planta sur que se encuentra en mejores condiciones que la de la planta norte,
 - iv. Se potencia la posibilidad de recuperar la energía de los gases producto de la digestión de la planta sur con el consecuente impacto positivo en el costo total de tratamiento,
- c) Análisis de la demanda

En esta sección se analiza el impacto de las optimizaciones, en caso de que no se lleve a cabo el Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo.

Las optimizaciones no influyen en la demanda actual, ni en la demanda futura de calidad y cantidad de agua residual que debe ser tratada. Con el crecimiento en la demanda de agua tratada, y con las limitaciones actuales de producción de agua para reúso en cantidad y calidad, se seguirán desaprovechando las opciones de vender más agua tratada e incrementar el flujo de ingresos a la JMAS por este concepto.

- d) Diagnóstico de la interacción Oferta y Demanda.

Derechos por descarga

De no llevarse a cabo el PIPLP, habrá un riesgo creciente de incumplimiento con la calidad del agua tratada por fallas cada vez más probables en el sistema de bombeo del influente en la planta sur y en los sistemas de desinfección de ambas plantas. En caso de incumplimiento el monto del derecho a pagar es de 0.76 \$/m³ lo que representa un costo de aproximadamente 33.2 M\$/año para la planta sur 10 M\$/año para la planta norte.

Venta de agua tratada

La JMAS ingresa actualmente 15 M\$/año por la venta de un caudal medio de 115 l/s de agua tratada, los datos sobre comercialización, facturación e ingresos de enero de 2016 a julio 2018 son los que se muestran en la siguiente figura.

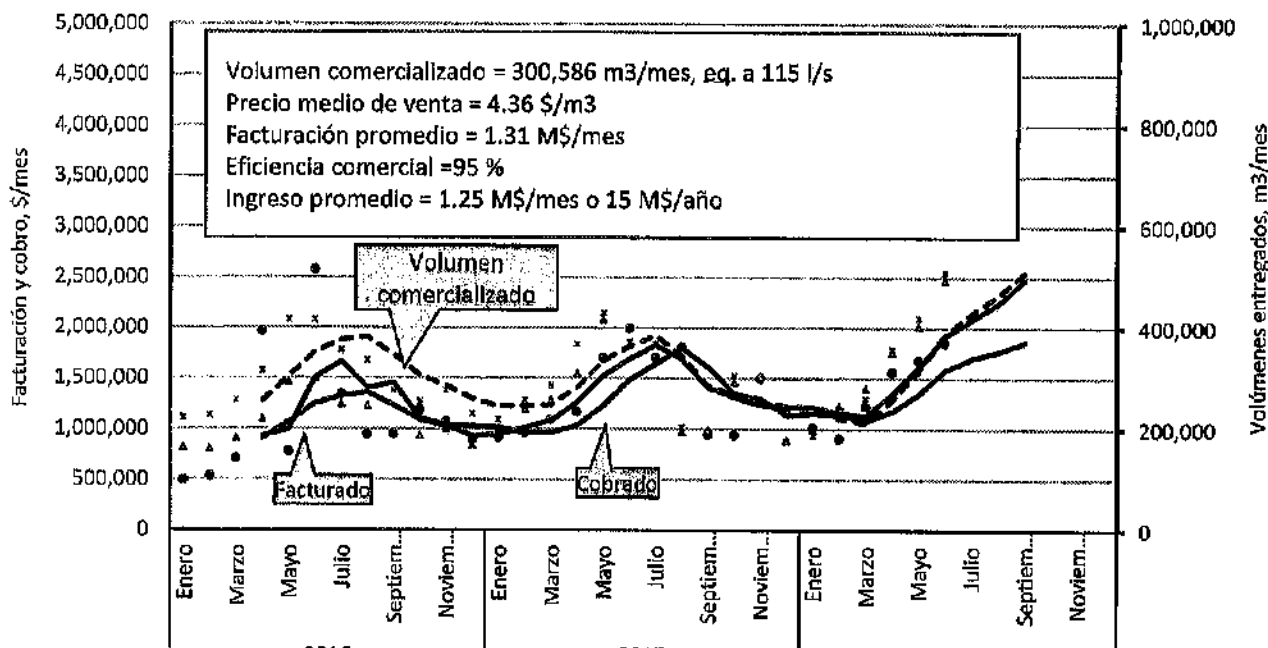


Figura 13.- Comercialización, facturación e ingresos por venta de agua tratada

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Con las limitantes actuales no es posible incrementar las ventas de agua tratada, a pesar de que existen actualmente demandas insatisfechas y de que se anticipa que la demanda crecerá en el futuro; los ingresos que no se podrán realizar por falta de capacidad de suministro se estiman en 15 M\$/año, pero, más importante que los datos económicos es que con la gran escasez de agua que padece Chihuahua, 300 l/s de agua de primer uso que se liberan por el reúso representa el suministro de agua potable para una población de 86,000 habitantes.

Consumo de energía

La continua operación de proceso biológico de la planta norte con los equipos actuales de aeración ocasiona un pérdidas en consumo de energía que se estima en 3 M\$/año.

Resumen

En resumen, en términos económicos, el incumplimiento en calidad del agua tratada por el creciente riesgo de falla de las plantas de tratamiento por la falta de la rehabilitación que requieren podría tener los siguientes impactos económicos: (i) pago de derechos por incumplimiento con la calidad del agua tratada, de orden de 43 M\$/año, (ii) pérdida de ingresos por venta de agua tratada, 15 M\$/año de usuarios actuales, más otros 15 M\$/año de nuevos usuarios, (iii) pérdidas por consumo de energía en la planta norte por 3 M\$/año. En total 76 M\$/año.

e) Alternativas de solución técnica

En esta sección se presentan las alternativas de solución técnica consideradas para atender la problemática identificada, así como la justificación de los criterios utilizados para la selección de la solución encontrada.

De no llevarse a cabo el PIPLP, la JMAS puede implementar en forma gradual una serie de acciones con el fin de mejorar la operación de las plantas y reducir los riesgos asociados a su continua operación en las condiciones actuales. El ritmo de implementación de las acciones es función de la capacidad de financiamiento por parte de la JMAS, bien con recursos propios o bien con recursos crediticios. A continuación se describen las acciones identificadas y su justificación, empezando con las de menor envergadura

Entre las acciones de menor costo y con efectos inmediatos se destacan las siguientes como las más importantes:

- i. Construcción de un cárcamo de bombeo para poder alimenta la red morada de la planta norte sin pasar por la laguna de regulación.
- ii. Instalación de cedazos en las bombas de alimentación a la red morada de la planta norte para controla el paso de basura que la planta no puede manejar por el deficiente funcionamiento de la unidad de pretratamiento (rejas gruesas, rejillas finas y desarenado),
- iii. Reconformación de bordos y control de algas en la laguna de regulación de la planta norte,
- iv. Control de la dosificación de cloro en la post-cloración de la planta norte,
- v. Reparación de bombas de lodos de la planta norte.

Las reparaciones mayores y que requieren atención inmediata tiene un costo de 111.6 M\$ y se desglosan en las plantas norte y sur como se indica en el siguiente cuadro.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Cuadro 12.- Costos de Infraestructura de obras más urgentes de rehabilitación de las plantas

Planta	Obras no incluidas	Infraestructura M\$	Indirectos y utilidad M\$	Total M\$
Planta norte	Adecuación tecnológica de control de procesos y la renovación de las instalaciones de servicio.	50.4	12.9	63.3
Planta sur	Adecuación tecnológica de control de procesos y la renovación de las instalaciones de servicio. Unidad de deshidratado de lodos Rehabilitación del mono-relleno, Sustitución de la cloración por UV.	38.5	9.8	48.3
Total		88.9	22.7	111.6

No incluyen utilidad ni indirectos por implementación de inversionista privado

Las acciones comprendidas en el plan de rehabilitación más urgente para la planta norte se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 13.- Costos desagregados de rehabilitación más urgente de planta norte

Concepto	Cantidad	Precio unitario M\$	Importe M\$
Alimentación de influente			
Bombas de tornillo	1	0.60	0.6
Pretratamiento			
Rejilla de desbaste grueso	1	4.60	4.6
Rejilla de desbaste fino	1	4.84	4.8
Compuerta deslizante para derivación	1	0.79	0.8
Desarenador	1	12.00	12.0
Lodos activados, flujo pistón			
Soplador centrífugo	3	2.52	7.6
Difusores de burbuja fina	3,500	0.00	3.0
Sensores de oxígeno	3	0.06	0.2
Desinfección			
Sistema UV	1	3.92	3.9
Efluente			
Medidor de flujo en Parshall	2	0.55	1.1
Purgas de lodos			
Bombas de purga de lodo 1río	3	0.24	0.7
Bombas de purga de lodo activado	3	0.27	0.8
Mantenimiento			
Tractor de césped	2	0.10	0.2
Suma			40.3
Obra eléctrica, hidráulica, instalación y montaje		25%	10.1
Total en Infraestructura			50.4
Gastos indirectos y utilidad		25.5%	12.9
Inversión total			63.3

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Cuadro 14.- Costos desagregados de rehabilitación más urgente de planta sur

Concepto	Cantidad	Precio unitario M\$	Importe M\$
Alimentación de influente			
Bomba centrífuga horizontal	6	2.288	13.7
Compuerta de desfogue	1	0.794	0.8
Pretratamiento			
Transmisión de rejillas gruesas	2	0.347	0.7
Lodos activados, mezcla completa			
Sensores de oxígeno	3	0.061	0.2
Sedimentación 2ra			
Anillos centrales	2	0.055	0.1
Efluente			
Medidor en descarga	2	0.549	1.1
Purgas de lodos			
Bombas de purga de lodo 1ro	4	0.238	1.0
Bombas de purga de lodo activado	4	0.272	1.1
Bombas de purga de lodo espesado	4	0.272	1.1
Digestión anaeróbica			
Bomba de purga de lodo digerido	2	0.258	0.5
Agitadores de digestores	5	0.120	0.6
Deshidratación de lodos digeridos			
Reparación de grúa	1	0.100	0.1
Tractocamión	2	2.311	4.6
Tractor	1	0.100	0.1
Suma			15.7
Obra eléctrica, hidráulica, instalación y montaje		25%	6.4
Total			22.1
Total en Infraestructura			22.1
Gastos indirectos		25.5%	9.8
Inversión total			31.9

f) Alternativas de solución financiera

En esta sección se presentan las alternativas financieras utilizando aquellos derivados de recursos presupuestales directos; endeudamiento público o cualquier otra alternativa presupuestal tradicional, explicando sus características, así como las razones por las que no fueron seleccionadas.

La JMÁS tiene una limitada capacidad para financiar con recursos propios las obras de rehabilitación de las plantas, aún las obras más urgentes, de manera inmediata, por lo que la única opción de avanzar en la solución de los problemas más urgentes de las plantas de tratamiento es la de complementar sus recursos propios con recursos crediticios.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

La capacidad propia de financiamiento de la JMAS, más los requerimientos de créditos necesarios para la implementación del programa más urgente de rehabilitación de las plantas es la que se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 15.- Financiamiento de las obras más urgente en ausencia del PIPLP

Año	Monto M\$	Fuente
2018	30.0	Recursos propios
2019	50.0	Crédito a 2 años
2020	31.6	Crédito a n años
Total	111.6	

Los objetivos del programa de mejoras urgentes son los siguientes

- i. Conservar en funcionamiento la línea de tratamiento de agua de la planta norte para garantizar un suministro de agua tratada a la red morada de la zona norte de 350 l/s y abrir la opción de incrementar el suministro actual de 350 l/s a 500 l/s,
- ii. Mantener en servicio la capacidad de tratamiento de la línea de agua de la planta sur en al menos 1,500 l/s

IV. Situación con la obra

a) Descripción general

En esta sección se detallan las características físicas de la obra

Las características físicas de las plantas con el proyecto rehabilitado para poder tratar hasta 500 l/s en la planta norte y 1,875 l/s en la planta sur son las que se presentan en los siguientes dos cuadros.

Cuadro 16.- Características físicas y condiciones de operación de la planta norte rehabilitada

Parámetro	Actual	Diseño	Máximo	Unidades
Gasto	300	375	500	l/s
	1,080	1,350	1,800	m ³ /hr
Línea de agua				
Sedimentación primaria				
Cantidad	2	2	2	
Diámetro	35.0	35.0	35.0	m
Tirante de agua	3.0	3.0	3.0	m
Área	1,924	1,924	1,924	m ²
Volumen	5,773	5,773	5,773	m ³
TRH	5.3	4.3	3.2	hr
CHS	0.56	0.70	0.94	m/hr
Tanque de aeración				
Cantidad	2	2	2	
Largo	43	43	43	m
Ancho	20	20	20	m
Tirante de agua	5	5	5	m
Área	1,700	1,700	1,700	m ²
Volumen	8,500	8,500	8,500	m ³
TRH	7.9	6.3	4.7	hr
Sedimentación secundaria				
Cantidad	2	2	2	
Diámetro	48	48	48	m
Tirante de agua	3	3	3	m
Área	3,619	3,619	3,619	m ²
Volumen	10,857	10,857	10,857	m ³
TRH	10.1	8.0	6.0	hr
CHS	0.30	0.37	0.50	m/hr
Cloración				
Cantidad	1	1	1	
Largo	40	40	40	m
Ancho	18	18	18	m
Tirante de agua	3	3	3	m
Área	700	700	700	m ²
Volumen	1,960	1,960	1,960	m ³
TRH	1.81	1.45	1.09	hr

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Cuadro 17.- Características físicas y condiciones de operación de la planta sur rehabilitada

	1a etapa	2a etapa	Unidades		1a etapa	2a etapa	Unidades
Gasto	1,875	2,500	l/s	Gasto	1,875	2,500	l/s
	6,750	9,000	m³/hr		6,750	9,000	m³/hr
Línea de agua				Línea de lodos			
Sedimentación primaria				Espesador primario			
Cantidad	3	4		Caudal de lodos	25.3	33.5	m³/hr
Diámetro	44.0	44.0	m	Cantidad	1	1	
Tirante de agua	3.0	3.0	m	Diámetro	16.0	16.0	m
Área	4,562	6,082	m²	Tirante de agua	2.74	2.74	m
Volumen	13,685	18,246	m³	Área	201	201	m²
TRH	2.0	2.0	hr	Volumen	551	551	m³
CHS	1.48	1.48	m/hr	TRH	21.7	16.4	hr
Tanque de aeración, LA mezcla completa				Espesador secundario			
Cantidad	3	4		Caudal de lodos	137	182	m³/hr
Largo	81.5	81.5	m	Cantidad	1	1	
Ancho	27.0	27.0	m	Diámetro	22.9	22.9	m
Tirante de agua	5.0	5.0	m	Tirante de agua	2.74	2.74	m
Área	6,600	8,800	m²	Área	412	412	m²
Volumen	32,999	43,999	m³	Volumen	1,129	1,129	m³
TRH	4.9	4.9	hr	TRH	8.2	6.2	hr
Sedimentación secundaria				CHS			
Cantidad	3	4		0.88	0.44	m/hr	
Diámetro	60.0	60.0	m	Digestor aeróbico primario			
Tirante de agua	4.5	4.5	m	Caudal de lodos	981	1,300	m³/día
Área	8,482	11,310	m²	Cantidad	2	2	
Volumen	38,170	50,894	m³	Diámetro	28.0	28.0	m
TRH	5.7	5.7	hr	Tirante de agua	14.5	14.5	m
CHS	0.80	0.80	m/hr	Área	1,232	1,232	m²
Cloración				Volumen	17,857	17,857	m³
Cantidad	2	2		TRH	18	14	días
Largo	36.1	36.1	m	Digestor (almacenamiento) anaeróbico secundario			
Ancho	19.0	19.0	m	Cantidad	1	1	
Tirante de agua	3.7	3.7	m	Diámetro	28.0	28.0	m
Área	1,372	1,372	m²	Tirante de agua	14.5	14.5	m
Volumen	5,076	5,076	m³	Área	616	616	m²
TRH	0.75	0.56	hr	Volumen	8,928	8,928	m³
				TRH	9.1	6.9	días

b) Alineación estratégica

En esta sección se describe como la obra contribuye a la consecución de los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Estatal de Desarrollo, Programa Sectorial y Planes municipales de Desarrollo.

Este proyecto está alineado tanto con la estrategia 4.4.2 del plan nacional de desarrollo como con el objetivo 4.2 del plan estatal de desarrollo. Citas del plan nacional de desarrollo 2013-2018:

"el que una elevada proporción de la población carezca de acceso pleno y efectivo a los bienes públicos que le corresponden por ley, y enfrente condiciones de vulnerabilidad inaceptables, representa, además, un poderoso freno a la expansión del mercado interno y al incremento de la productividad, lo que afecta sensiblemente el potencial de crecimiento económico del país"

Un México incluyente propone enfocar la acción del estado en garantizar el ejercicio de los derechos sociales y cerrar las brechas de desigualdad social que aún nos dividen. El objetivo es que el país se integre por una sociedad con equidad, cohesión social e igualdad sustantiva. Esto implica hacer efectivo el ejercicio de los derechos sociales de todos los mexicanos, a través del acceso a servicios básicos, agua potable, drenaje, saneamiento, electricidad, seguridad social, educación, alimentación y vivienda digna, como base de un capital humano que les permita desarrollarse plenamente como individuos."

Desarrollo sustentable

Durante la última década, los efectos del cambio climático y la degradación ambiental se han intensificado. Las sequías, inundaciones y ciclones entre 2000 y 2010 han ocasionado alrededor de 5,000 muertes, 13 millones de afectados y pérdidas económicas por 250,000 millones de pesos (MDP). El mundo comienza a reducir la dependencia que tiene de los combustibles fósiles con el impulso del uso de fuentes de energía alternativas, lo que ha fomentado la innovación y el mercado de tecnologías, tanto en el campo de la energía como en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Hoy, existe un reconocimiento por parte de la sociedad acerca de que la conservación del capital natural y sus bienes y servicios ambientales, son un elemento clave para el desarrollo de los países y el nivel de bienestar de la población. En este sentido, México ha demostrado un gran compromiso con la agenda internacional de medio ambiente y desarrollo sustentable, y participa en más de 90 acuerdos y protocolos vigentes, siendo líder en temas como cambio climático y biodiversidad. No obstante, el crecimiento económico del país sigue estrechamente vinculado a la emisión de compuestos de efecto invernadero, generación excesiva de residuos sólidos, contaminantes a la atmósfera, aguas residuales no tratadas y pérdida de bosques y selvas. El costo económico del agotamiento y la degradación ambiental en México en 2011 representó 6.9% del PIB, según el instituto nacional de estadística y geografía (INEGI).

iv.2. Plan de acción: eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país

Para impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo de manera eficaz. Por ello, se necesita hacer del cuidado del medio ambiente una fuente de beneficios palpable. Es decir, los incentivos económicos de las empresas y la sociedad deben contribuir a alcanzar un equilibrio entre la conservación de la biodiversidad, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el desarrollo de actividades productivas, así como retribuir a los propietarios o poseedores de los recursos naturales por los beneficios de los servicios ambientales que proporcionan. La sustentabilidad incluye el manejo responsable de los recursos hídricos, el aumento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como la infraestructura hidroagrícola y de control de inundaciones.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

vi.4. México próspero

Objetivo 4.4. Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.

Estrategia 4.4.2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a este recurso.

Líneas de acción.

- *Asegurar agua suficiente y de calidad adecuada para garantizar el consumo humano y la seguridad alimentaria.*
- *Ordenar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos afectados por déficit y sobreexplotación, propiciando la sustentabilidad sin limitar el desarrollo.*
- *Incrementar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.*
- *Sanear las aguas residuales con un enfoque integral de cuenca que incorpore a los ecosistemas costeros y marinos.*
- *Fortalecer el desarrollo y la capacidad técnica y financiera de los organismos operadores para la prestación de mejores servicios.*
- *Fortalecer el marco jurídico para el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento.*
- *Reducir los riesgos de fenómenos meteorológicos e Hidrometeorológicos por inundaciones y atender sus efectos.*
- *Rehabilitar y ampliar la infraestructura hidro-agrícola.*

Alineación al plan estatal de desarrollo 2017-2021

Eje 3. Infraestructura, desarrollo urbano y medio ambiente

Objetivo 4. Mejorar a nivel estatal la administración y uso sustentable del agua con la concurrencia de autoridades federales, estatales y municipales, así como la participación de la sociedad civil organizada.

4.2 concertar el plan hídrico a largo plazo como el instrumento de aprovechamiento sustentable de aguas subterráneas y superficiales en el estado.

- *Realizar foros de consulta con los tres niveles de gobierno, instituciones académicas y de investigación, organizaciones civiles y del sector productivo, industrias y comerciantes, con la finalidad de definir las acciones a implementar en el plan hídrico a largo plazo.*
- *Coordinar a las instituciones gubernamentales y la sociedad civil para la conservación de las cuencas hidrológicas mediante la puesta en marcha del plan hídrico a largo plazo.*
- *Dar seguimiento y evaluar los aspectos técnicos, económicos, legales ambientales y sociales, definidos en plan hídrico a largo plazo.*
- *Desarrollar mecanismos que fortalezcan a las organizaciones dedicadas al uso del agua con objetivos productivos, con el fin de incrementar su productividad y competitividad sin afectar el medio ambiente.*
- *Construir e integrar los sistemas de tratamiento y redes para conducción de aguas residuales tratadas.*
- *Promover el reúso de aguas residuales tratadas en actividades que no requieren agua potable*

c) Localización geográfica

En esta sección se define la localización geográfica de la obra, así como su zona de influencia.

La planta norte se ubica en la calle 3ª, sin número, de la Colonia Nombre de Dios en las coordenadas 28° 41' 52" latitud norte y 106° 04' 53" longitud oeste. La planta sur se ubica en el km 6.1 del Boulevard Juan Pablo II, Colonia Aeropuerto en las coordenadas 28° 40' 05" latitud norte y 100° 06' 17" longitud oeste. En la siguiente figura se muestra la ubicación de ambas plantas

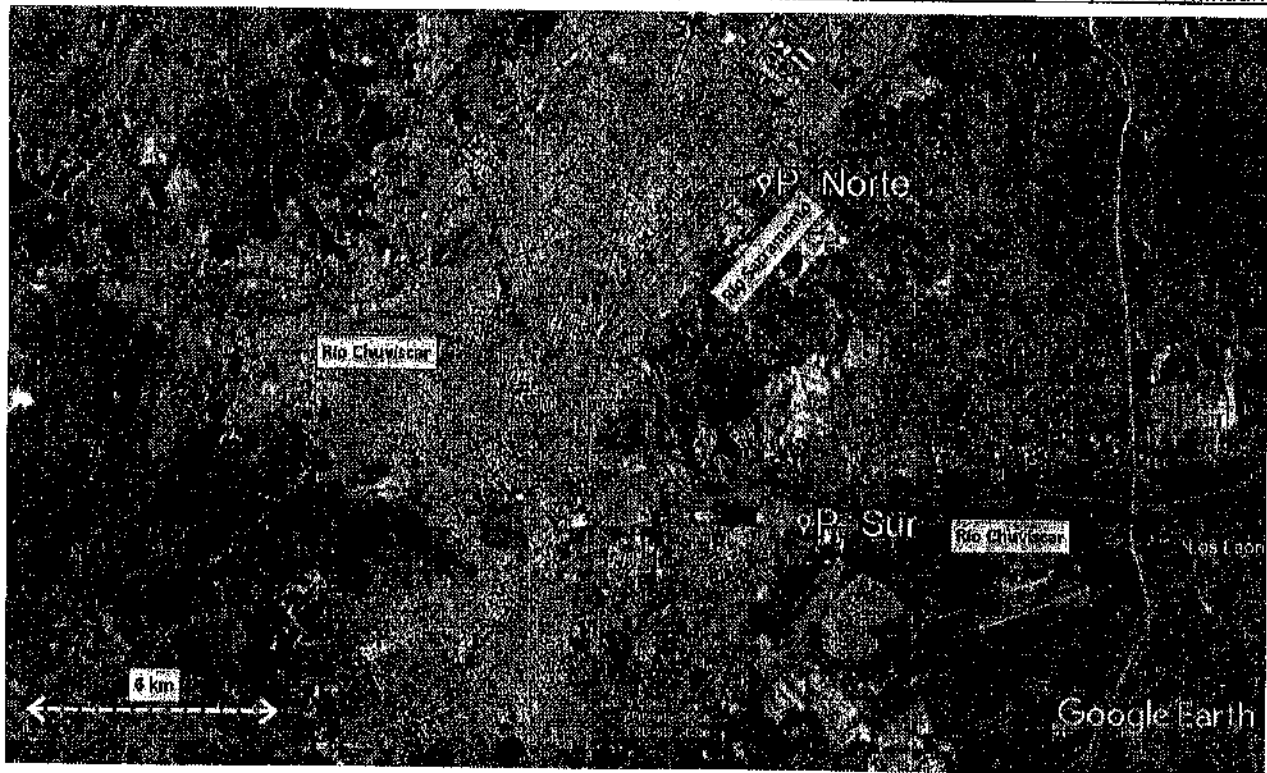


Figura 14.- Localización geográfica de las plantas de tratamiento

La zona de influencia de las plantas de tratamiento es la red de drenaje municipal que sirve toda la ciudad de Chihuahua.

La zona de influencia de las aguas tratadas que son reusadas es el área cubierta por la red morada, tal como se muestran en los planos que obran en poder la Dirección Técnica de la JMAS y que se citan en la Bibliografía de este informe

d) Calendario de actividades

En esta sección se establece el programa de actividades necesarias para la ejecución y operación de la obra.

Las principales actividades para la implementación del proyecto, y su duración, son:

- ✓ Licitación del proyecto, incluyendo la preparación de los documentos de licitación y el tiempo necesario para que los licitantes preparen sus ofertas,
- ✓ Análisis de propuestas, fallo y atención a inconformidades,
- ✓ Elaboración y firma del contrato y documentos legales anexos,
- ✓ Elaboración de proyectos de ingeniería y procura de equipos,
- ✓ Construcción, equipamiento y montajes.
- ✓ Puesta en marcha y calibración de procesos de tratamiento,
- ✓ Operación y mantenimiento

En el siguiente cuadro se presenta el calendario de actividades.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Cuadro 18.- Calendario de actividades

Tarea	Licitación, construcción y puesta en marcha Meses											Operación y mantenimiento Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Licitación	■	■	■																		
Fallo				■																	
Contratación					■	■	■														
Ingeniería y procura					■	■	■	■	■												
Construcción						■	■	■	■	■											
Puesta en marcha									■	■	■	■									
Operación y mantenimiento													■	■	■	■	■	■	■	■	■

e) Monto total de inversión

En esta sección se establece el calendario de inversión por mes y la distribución del monto total, desglosando los impuestos correspondientes.

El monto total de la inversión por parte del contratista para la implementación del proyecto es de 180 M\$, más IVA, desglosado en los conceptos que se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro 19.- Inversiones desagregadas

Sin incluir IVA, en millones de pesos

Concepto	Planta norte	Planta sur	Total
Sustitución de equipos y reemplazo de procesos obsoletos	40.4	61.3	101.7
Obra eléctrica instalación y montaje de equipos	11.3	17.3	28.6
Actualización tecnológica y renovación de instalaciones de servicio	5.0	8.0	13.0
Suma en infraestructura	56.7	86.6	143.3
Utilidad e indirectos, 25.6 %	14.5	22.2	36.7
Total	71.2	108.8	180.0

La calendarización de las inversiones es la que se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 20.- Calendario de inversiones

Inversiones totales con utilidad e indirectos, sin incluir IVA, en millones de pesos

Tarea	Costos directos	Con Utilidad e Indirectos	Mes											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Equipos	101.7	127.7						64	64					
Obra civil	41.6	52.3								26	26			
Suma	143.3	180.0						64	90	26	0			

f) Fuentes de financiamiento

En esta sección se enlistan las fuentes de financiamiento de la obra, así como su porcentaje de participación, especificando si los recursos son estatales, municipales, fideicomisos y, en su caso, privados. En caso de recursos privados se especifica el nombre completo o razón social del privado.

El Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo contempla una inversión privada por el 100% de los costos de rehabilitación de las plantas (180 M\$) y el pago por parte de la JMAS al inversionista privado por la operación y mantenimiento de la planta y la recuperación de su inversión en un período de diez años de operación de la planta. El pago de la JMAS variará en función del gasto tratado, de acuerdo con las fórmulas tarifarias que se presentan en la sección V-a de este Informe. Los costos mensuales totales que la JMAS pagará al inversionista fueron calculados para diversos escenarios de combinación de caudales a tratar en las plantas norte y sur; cabe recordar que el gasto a tratar en la planta norte dependerá de la evolución en la comercialización del agua de la red morada de la zona norte, y el gasto a tratar en la zona sur será el total captado por la red de drenaje menos el gasto tratado en la planta sur.

El resultado de este análisis se presente en el siguiente cuadro.

Cuadro 21.- Pagos de la JMAS al Inversionista privado durante la operación de las plantas

Escenario	Gasto planta norte	Gasto planta sur	Pago de la JMAS al inversionista privado			Distribución del pago por concepto		
	l/s	l/s	M\$/año	M\$/mes	\$/m3	T1 Costo de capital	T2 Costos fijos de Op. y Mant.	T3 Costos variables de Op. y Mant.
Arranque	300	1,400	77.8	6.48	1.45	27%	36%	37%
Diseño	350	1,875	86.5	7.21	1.23	24%	32%	43%
Cap. Máxima	500	1,875	89.3	7.44	1.19	24%	31%	45%

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

g) Capacidad Instalada

En esta sección se explica la capacidad de servicio que se tendrá y su evolución en el horizonte de evaluación con la ejecución de la obra.

En términos de caudal, la capacidad real de las planta sur es de 2,500 k/s, igual a la de diseño, trabajando con sus cuatro trenes paralelos de tratamiento de agua; con sólo tres de los cuatro trenes en servicio, la capacidad de tratamiento es de 1,875 l/s. Para la planta norte la capacidad de diseño es de 1,200 l/s con tres trenes paralelos de tratamiento de agua, sin embargo, su capacidad real es de sólo 750 l/s; con dos de sus tres trenes de agua en servicio la capacidad de la planta es de 500 l/s. El análisis del que se desprenden las conclusiones anteriores se presenta en el siguiente cuadro

Cuadro 22.- Capacidad teórica y real de las plantas de tratamiento

Parámetro	Planta Norte lodos activados flujo pistón			Planta Sur lodos activados mezcla completa			Unidades
	Norma WEF	Criterios de diseño	Capacidad real	Norma WEF	Criterios de diseño	Capacidad real	
Gasto		1,200	750		2,500	2,500	l/s
DBO influente		191	274		195	240	mg/l
DBO al reactor		134	192		148	182	mg/l
SSTLM	1,000 a 3,000	2,718	2,826	2,500 a 4,000	3,500	2,560	mg/l
SSVLM	750 a 2,250	1,923	1,999	2,000 a 3,200	2,844	2,080	mg/l
F/M SST		0.40	0.35		0.21	0.35	kg DBO/kg-día
F/M SSV	0.2 a 0.4	0.35	0.49	0.2 a 0.6	0.25	0.43	kg DBO/kg-día
Carga Volum.	0.3 a 0.7	0.98	0.98	0.8 a 1.9	0.72	0.89	kg DBO/m ³ -día
TRH	4 a 8	4.72	4.72	3 a 5	4.89	4.89	hrs

La capacidad de servicio de las plantas rehabilitadas, expresado en términos de calidad del agua producida fue calculada para los escenarios de combinación de caudales que se ilustra en la siguiente figura.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

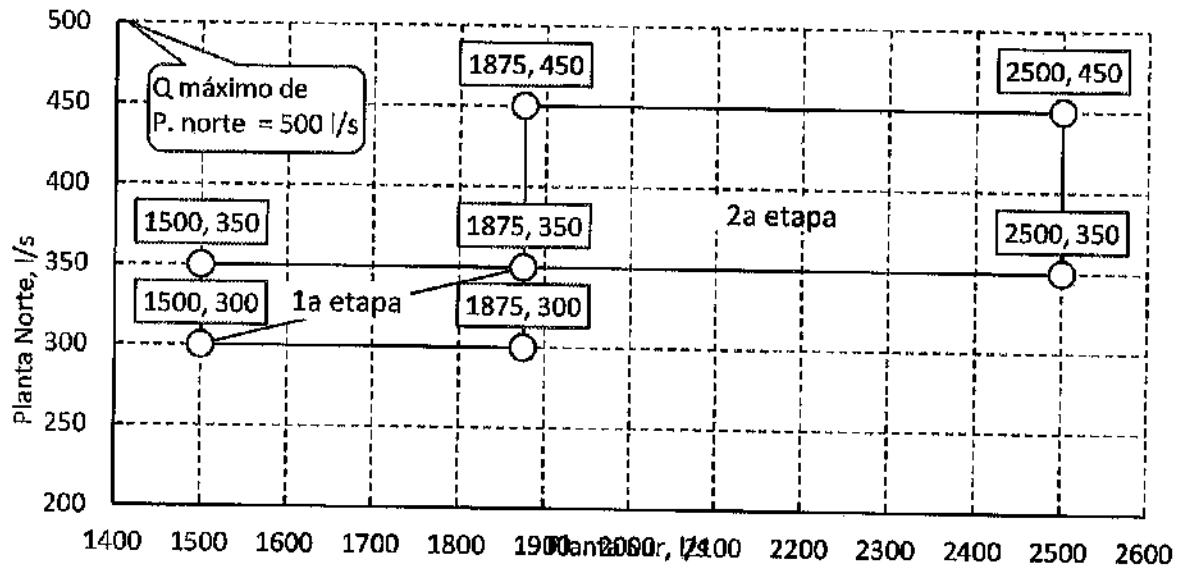


Figura 15.- Combinaciones de caudales de operación de las plantas empleadas en el análisis.

Los resultados completos se presentan en un anexo de este informe; con carácter ilustrativo se presentan los resultados para una combinación de caudales de 350 l/s en la planta norte y 1,875 l/s en la planta sur. Como se puede observar en estas figuras, la calidad del efluente de ambas plantas cumple con todas las normas de calidad aplicables,

Cuadro 23.- Calidad del agua tratada en la planta norte

Influente planta norte		
	Influente	
	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día
Q	350	30,240
SST	200	6.05
SSVT	150	4.54
DBO	300	9.07
DQO	650	19.66

	Efluente	
	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día
Q	343	29,600
SST	20	0.59
SSVT	16	0.46
DBO	8	0.25
DQO	29	0.86

	Lodos	
	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día
Q	7.79	673
SST	13,919	9.37
SSVT	10,700	7.20
DBO	6,066	4.08
DQO	21,915	14.75

Efluente

A planta sur

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Cuadro 24.- Calidad del agua tratada en la planta sur

Influyente Planta Sur			
	Influyente Planta Sur		
	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día	
Q	1,887	163,000	
SST	257	42	
SSVT	193	31	
DBO	264	43	
DQO	539	88	
	Lodos a transporte, PS		
	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día	
Q	1.8	157	
SST	190,000	30	
SSVT	121,410	19	
DBO	16,700	3	
DQO	169,000	27	
	Efluente PS		
	l/s, mg/l	m ³ /día, t/día	
Q	1,875	162,000	
SST	20	3	
SSVT	16	3	
DBO	8	1	
DQO	30	5	
	Lodos		
	Efluente		

h) Metas anuales

En esta sección se explican las metas que se tendrán con la obra en bienes y servicios, cuantificadas en el horizonte de evaluación.

Las metas del proyecto al término de la etapa de rehabilitación de la planta en el proyecto, que no debe durar más de un año contado a partir del fallo de la licitación del concurso son:

1. Contar con una capacidad de tratamiento en la planta norte de 500 l/s y de 1,785 l/s en la planta sur,
2. Rehabilitar el sitio de disposición de lodos de acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT,
3. Cancelar la descarga al río Sacramento,
4. Transferir los lodos de la planta norte a la planta sur

A partir del arranque del periodo de operación de la planta, las metas para los siguientes diez años son:

1. Permitir satisfacer las crecientes demandas de agua tratada de la red morada con un agua que consistentemente cumpla con las normas de calidad aplicable,
2. Producir un efluente en la planta sur con la calidad requerida para reúso municipal, reúso agrícola y descarga aun cuerpo receptor tipo río con uso agrícola.

i) Vida útil

En esta sección se detalla la vida útil de la obra, la cual contempla el tiempo de operación expresado en años.

La vida útil de las plantas de tratamiento es una combinación de la vida útil de la obra civil, que, con el debido mantenimiento, puede durar más de 50 años, y de los equipos cuya vida útil varía de 6 a 7 años para algunos equipos de bombeo a 15 o 20 años para las instalaciones mecánicas (rejas rejillas, rastras, etc).

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Para los fines de este proyecto el período del contrato de operación y mantenimiento es de 10 años, por lo que el valor de rescate de las instalaciones de la planta al final del contrato de operación y mantenimiento es de más de 50%

)) Aspectos más relevantes que determinan la viabilidad del proyecto

En esta sección se describen los aspectos más relevantes que determinan la viabilidad del PIPLP

Estudios técnicos

Se presenta como un anexo de este informe.

Estudios presupuestales

Se presenta como un anexo de este informe.

Estudios legales

Se presenta como un anexo de este informe.

Estudios ambientales

Se presenta como un anexo de este informe

Estudios de mercado

Demanda de agua tratada

Las proyecciones de demanda de agua tratada se hicieron con un escenario conservador de crecimiento inercial de las tasas de crecimiento de acuerdo con las experiencias de los últimos cinco años; cuando se implementen las acciones que se requieren para la expansión y mejoramiento y de la red morada (que están entre los programas de acciones contemplados por la JMAS) se presentará un incremento mayor en la tasa de crecimiento de la demanda de agua tratada. El criterio de rehabilitación de las líneas de tratamiento de la planta norte empleado en este proyecto es para incrementar la capacidad de oferta de agua tratada a 500 l/s lo que es acorde con las necesidades del escenario inercial pero es también suficiente para la demanda incrementada por la renovación de la red morada.

Tratamiento de aguas residuales

El incremento en las necesidades de tratamiento de aguas residuales, función de dos factores (i) la tasa de crecimiento de población y (ii) la capacidad de incrementar el suministro de agua potable, es de no más de 1,875 l/s para la planta sur, caudal para el cual esta planteada la operación de la planta sur con tres de sus cuatro líneas de tratamiento de agua en operación. En la eventualidad de que el caudal futuro fuese mayor a los 1,875 l/s, la planta sur podría absorber el crecimiento poniendo en servicio la cuarta línea de tratamiento, que se encuentra en favorables condiciones de operación.

k) Análisis de la oferta

En esta sección se resumen los aspectos relevantes y las principales conclusiones de análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación de la obra.

De acuerdo con lo estudios de mercado mencionados en la sección anterior, la oferta de tratamiento de las plantas será de 500 l/s en la planta norte, para alimentación a la red morada, y de 1,875 l/s para el saneamiento de las aguas residuales en la planta sur.

l) Análisis de la demanda

En esta sección se resumen los aspectos relevantes y las principales conclusiones del análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación de la obra.

La demanda actual de agua tratada para suministro de agua a la red morada es de 300 ± 50 l/s (dependiendo de la época del año) y en el escenario inercial la demanda crecerá a 350 ± 50 l/s en los diez años de duración del contrato de operación y mantenimiento; de presentarse modificaciones en la curva de demanda por acciones estructurales de la JMAS en la red de agua morada, la demanda se incrementaría a no más de 500 l/s.

La demanda de saneamiento de aguas residuales para la planta sur en los próximos die años, por las razones citadas en el estudio de mercado, no excederá de 1,875 l/s, y de presentarse modificaciones estructurales en el sistema de suministro de agua potable, el caudal no excederá de 2,500 l/s, que podrán ser tratadas por la planta sur con la infraestructura existente.

m) Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda

En esta sección se describe la interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación de la obra.

Las Interacciones de la oferta y la demanda, en función de las acciones que la JMAS tomen en los próximos años en relación con la línea morada y con el desarrollo de nuevas fuentes, y la capacidad del sistema para hacer frente a las demandas en los distintos escenarios, fueron analizadas en las dos secciones anteriores.

V. Evaluación de la obra

En esta sección se resumen los principales puntos de la evaluación de la obra. Asimismo, se desglosa el cálculo completo de los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad.

a) Identificación, cuantificación y valoración de los costos de la obra

En esta sección se desglosan los costos de la obra de forma anual y total, diferenciando aquellos que se realizarán durante la ejecución y durante la operación. Adicionalmente se explica cómo se identificaron, cuantificaron y valoraron los costos, incluyendo los principales supuestos y fuentes empleadas para su cálculo.

Los costos de la obra se presentan dos apartados: (i) inversiones para la rehabilitación de las plantas y (ii) costos de operación y mantenimiento.

Inversiones en la rehabilitación de las plantas

Para la identificación, y posterior costeo, de las obras de rehabilitación de las plantas se siguió un proceso por etapas: (i) la primera etapa fue la del diagnóstico del estado que guardan actualmente las plantas, parte de cuyos resultados fue presentado en la Sección I de este informe, (ii) posteriormente, y con base en estos diagnósticos se evaluaron alternativas de manejo de las aguas residuales y de metas y objetivos de la rehabilitación de las plantas, a resultas de lo cual se llegó a los nuevos esquemas de manejo de las aguas residuales y de los lodos generados en la planta, tal como se presentó en la Sección III-a, (iii) para las alternativas identificadas se realizaron análisis de costos a partir de los resultados de una serie de análisis técnicos realizados con ayuda de programas de cómputo especializados para el prediseño y costeo de plantas de tratamiento de aguas residuales, (iv) con los resultados de los costos se analizaron estrategias de implementación del proyecto incluyendo la de la participación privada en la implementación del proyecto, la ejecución del proyecto por parte de la JMÁS y la de un esquema híbrido donde los limitados recursos de la JMÁS se aplicaría a la atención de los problemas más urgentes de las plantas y el resto del proyecto se implementaría con el apoyo de un inversionista privado y, por último (v) se hicieron análisis económico-financieros de las alternativas evaluadas. Los resultados de estos estudios se anexan a este informe.

La rehabilitación de la planta norte, excluyendo la línea de lodos, comprende los conceptos y costos indicados en el siguiente cuadro.

Cuadro 25.- Costos de rehabilitación de la planta norte

Concepto	Cantidad	Precio unitario M\$	Importe M\$
Alimentación de Influyente			
Bombas de tornillo (1)	1	0.60	0.6
Pretratamiento			
Rejilla de desbaste grueso	1	4.60	4.6
Rejilla de desbaste fino	1	4.84	4.8
Compuerta deslizante para derivación	1	0.79	0.8
Desarenador (2)	1	12.00	12.0
Lodos activados, flujo pistón			
Soplador centrífugo (3)	3	2.52	7.6
Difusores de burbuja fina	3,500	0.00	3.0

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Concepto	Cantidad	Precio unitario M\$	Importe M\$
Sensores de oxígeno	3	0.06	0.2
Desinfección			
Sistema UV (4)	1	3.92	3.9
Efluente			
Medidor de flujo en Parshall	2	0.55	1.1
Purgas de lodos			
Bombas de purga de lodo 1rio	3	0.24	0.7
Bombas de purga de lodo activado	3	0.27	0.8
Mantenimiento			
Tractor de césped	2	0.10	0.2
Actualización tecnológica y renovación de instalaciones			
Instrumentación y control de procesos	1	3.00	3.0
Oficinas, laboratorio y servicios	1	2.00	2.0
Suma			45
Obra eléctrica, hidráulica, instalación y montaje		25%	11.3
Total			56.3

Las inversiones estimadas para la rehabilitación de la planta sur se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 26.- Costos de rehabilitación de la planta sur

Concepto	Cantidad	Precio unitario M\$	Importe M\$
Alimentación de influente			
Bomba centrífuga horizontal	6	2.288	13.7
Compuerta de desfogue	1	0.794	0.8
Pretratamiento			
Transmisión de rejillas gruesas	2	0.347	0.7
Lodos activados, mezcla completa			
Sensores de oxígeno	3	0.061	0.2
Sedimentación 2ria			
Anillos centrales	2	0.055	0.1
Desinfección			
Sistema UV	1	12.345	12.3
Efluente			
Medidor en descarga	2	0.549	1.1
Purgas de lodos			
Bombas de purga de lodo 1rio	4	0.238	1.0
Bombas de purga de lodo activado	4	0.272	1.1
Bombas de purga de lodo espesado	4	0.272	1.1
Digestión anaeróbica			

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Concepto	Cantidad	Precio unitario M\$	Importe M\$
Bomba de purga de lodo digerido	2	0.258	0.5
Agitadores de digestores	5	0.120	0.6
Deshidratación de lodos digeridos			
Filtros de banda	1	14.837	14.8
Reparación de grúa	1	0.100	0.1
Tractocamión	2	2.311	4.6
Tractor	1	0.100	0.1
Mono-relleno			
Rehabilitación	1	8.483	8.5
Actualización tecnológica y renovación de instalaciones			
Instrumentación y control de procesos	1	5.00	5.0
Oficinas, laboratorio y servicios	1	3.00	3.0
Suma			69.3
Obra eléctrica, hidráulica, instalación y montaje		25%	17.3
Total			86.6

Cuadro 27.- Resumen de inversiones

Inversión en infraestructura		143.3
Otros gastos	25.6%	36.7
Suma		180.0
IVA	16.0%	28.8
Erogación total		208.8

Cuadro 28.- Resumen de costos de rehabilitación desagregados por concepto

Concepto	Planta norte	Planta sur	Total	Total con utilidad e indirectos
Sustitución de equipos y reemplazo de procesos obsoletos	40.4	61.3	101.7	127.7
Obra eléctrica instalación y montaje de equipos	11.3	17.3	28.6	36.0
Actualización tecnológica y renovación de instalaciones de servicio	5.0	8.0	13.0	16.3
Suma	56.7	86.7	143.3	180.0
Utilidad e indirectos, 25.58%	14.5	22.2	36.7	
Total	71.2	108.8	180.0	

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Costos de operación y mantenimiento

De los resultados del análisis, se presentan los correspondientes a las condiciones de diseño de las dos plantas, desagregados en sus principales conceptos, como se muestra a continuación:

**Cuadro 29.- Costos desagregados de operación y mantenimiento
Con un factor de indirectos sobre sueldos y salarios de 2.8**

Escenario	Planta	Gasto l/s	MdeO operación M\$/año	MdeO mantenimiento M\$/año	Refac- ciones M\$/año	Químicos M\$/año	Energía			Total OyM M\$/año
							M\$/año	MkWhr/año	MW	
\$/ kw-hr 1.8										
Planta norte y sur										
1	Planta norte	300	3.1	1.2	1.9	1.2	3.2	1.8	0.2	10.7
	Planta sur	1,500	12.0	4.1	8.2	15.2	14.0	7.8	0.9	53.5
	Suma	1,800	15.2	5.3	10.1	16.5	17.2	9.6	1.1	64.2
3	Planta norte	350	3.3	1.3	1.9	1.4	3.2	1.8	0.2	11.1
	Planta sur	1,875	13.7	4.6	8.8	18.9	14.9	8.3	0.9	60.9
	Suma	2,225	17.0	5.8	10.7	20.3	18.2	10.1	1.2	72.0

El cálculo de los costos de operación y mantenimiento para las distintas combinaciones de gastos de operación de las plantas norte y sur permitió determinar los factores de (i) costo variable del tratamiento en función del gasto tratado y (ii) costos fijos de operación y mantenimiento

El conjunto de resultados del análisis de los gastos de operación y mantenimiento de cuatro nodos de combinación de caudales de operación de las plantas norte y sur en el horizonte del proyecto, y cuatro más para los gastos potenciales a futuro, sirvieron de base para el cálculo de las constantes de una ecuación generalizada de costos de operación y mantenimiento para el horizonte de proyecto, y otras más para las condiciones futuras. La forma de la ecuación se deriva de la fórmula tarifaria estándar que se emplea en la concesión de la construcción, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento (y, seguramente, de muchos otros tipos de infraestructuras). La forma de la expresión es la siguiente:

$$T = T1 + T2 + T3 * V$$

- donde:
- T1 = costo de capital,
 - T2 = costo fijo de operación y mantenimiento,
 - T3 = costos variables de operación y mantenimiento,
 - V = volumen de agua tratada

Para el caso de las plantas de Chihuahua, la ecuación debe ser adecuada como se muestra a continuación:

$$T = T1 + T2 + T3_n * V_n + T3_s * V_s$$

- Donde:
- T3_n = costos variables de operación y mantenimiento de la planta norte,
 - V_n = volumen de agua tratada en la planta norte
 - T3_s = costos variables de operación y mantenimiento de la planta sur,
 - V_s = volumen de agua tratada en la planta sur

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

En el siguiente cuadro se presenta el cálculo de las constantes de la fórmula tarifaria

Cuadro 30.- Cálculo de Tarifas

Caudales				Total OyM M\$/año	Delta Q P. Norte Mm3	Delta OyM M\$/año	T3 norte	T2	T3 sur Calc.
Norte l/s	Sur	Norte Mm3/año	Sur				\$/m3	M\$/año	\$/m3
300	1,506	9.5	47.5	64.2	1.577	1.04	0.66	31.0	0.57
350	1,507	11.0	47.5	65.3			0.66	31.0	0.57

Caudales				Total OyM M\$/año	Delta Q P. Norte Mm3	Delta OyM M\$/año	T3 norte	T2	T3 sur Calc.
Norte l/s	Sur	Norte Mm3/año	Sur				\$/m3	M\$/año	\$/m3
300	1,881	9.5	59.3	71.0	1.577	1.04	0.66	31.0	0.57
350	1,882	11.0	59.3	72.0			0.66	31.0	0.57

Caudales				Total OyM M\$/año	Delta Q P. Sur Mm3	Delta OyM M\$/año	T3 sur	T2	T3 norte Calc.
Norte l/s	Sur	Norte Mm3/año	Sur				\$/m3	M\$/año	\$/m3
300	1,506	9.5	47.5	65.3	11.826	6.73	0.57	32.0	0.66
300	1,881	9.5	59.3	72.0			0.57	32.0	0.66

Caudales				Total OyM M\$/año	Delta Q P. Sur Mm3	Delta OyM M\$/año	T3 sur	T2	T3 norte Calc.
Norte l/s	Sur	Norte Mm3/año	Sur				\$/m3	M\$/año	\$/m3
350	1,507	11.0	47.5	64.2	11.826	6.73	0.57	32.0	0.66
350	1,882	11.0	59.3	71.0			0.57	32.0	0.66

T2 =	31.0	M\$/año
T3 norte =	0.66	\$/m3
T3 sur =	0.57	\$/m3

El plazo de operación y mantenimiento de las plantas impacta en la T1 y, consecuentemente en los pagos anuales de la JMAS li inversionista privado, con el de contar con la información necesaria para poder optar por la mejor solución para la JMAS, se hizo un análisis de sensibilidad de los costos anuales totales y el valor presente del contrata para diferentes plazos de operación y mantenimiento en el contrato con los resultados que se muestrna en el siguiente cuadro.

Cuadro 31.- Comparación de costos anuales totales en función del plazo del contrato

Calculados para los caudales de diseño de 350 y 1,875 l/s

Escenario	Gasto planta norte l/s	Gasto planta sur l/s	Costo anual total			Valor presente del contrato			
			Plazo 20 años	Plazo 12 años	Plazo 10 años	Plazo 20 años	Plazo 12 años	Plazo 10 años	Decremento de 20 a 10 años
			M\$/año	M\$/año	M\$/año	M\$	M\$	M\$	
Arranque	300	1,400	83	89	92				
Diseño	350	1,875	93	98	101	792	670	622	-22%
Cap. Máxima	500	1,875	96	101	104				

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

De acuerdo con los resultados del análisis, los costos de operación y mantenimiento de las dos plantas fueron calculados para tres escenarios: (i) las condiciones actuales de gastos de operación de ambas plantas, (ii) las condiciones esperadas en el horizonte de proyecto con un escenario inercial de incremento en caudales de aguas residuales y (iii) lo que sería la capacidad máxima de operación de las dos plantas, sin considerar la capacidad adicional de tratamiento de la planta sur si se pone en servicio el cuarto tren de tratamiento de agua. Los resultados obtenidos son los que a continuación se presentan:

Cuadro 32.- Costos de tratamiento para diversos escenarios de caudales

T2 =	31.0	M\$/año	i =	10%	anual
T3 norte =	0.66	\$/m3	n =	10	años
T3 sur =	0.57	\$/m3	anualidad =	16.3%	

Escenario	Gasto planta norte	Gasto planta sur	Volumen anual planta norte	Volumen anual planta sur	Volumen total	Inversión	T1 Costo de capital	
	l/s	l/s	Mm ³ /año	Mm ³ /año	Mm ³ /año	M\$	M\$/año	\$/m ³
Arranque	300	1,400	9.5	44.2	53.6	180.0	29.3	0.55
Diseño	350	1,875	11.0	59.1	70.2	180.0	29.3	0.42
Cap. Máxima	500	1,875	15.8	59.1	74.9	180.0	29.3	0.39

Escenario	Operación y mantenimiento					T1+T2+T3 _n *V _n +T3 _s *V _s Total		Distribución porcentual		
	T2 Fijo	T3 _n *V _n Variable planta norte	T3 _s *V _s Variable planta sur	Total de operación y mantenimiento		M\$/año	\$/m ³	Capital	Fijos Oym	Variables Oym
	M\$/año	m\$/año	M\$/año	M\$/año	\$/m ³					
Arranque	31.0	6.22	25.1	62.3	1.16	91.6	1.71	32%	34%	34%
Diseño	31.0	7.26	33.7	71.9	1.02	101.2	1.44	29%	31%	40%
Cap. Máxima	31.0	10.37	33.7	75.0	1.00	104.3	1.39	28%	30%	42%

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios de la obra

En esta sección se detallan los beneficios y ahorros generados por la obra de forma anual y total. Adicionalmente, se explica cómo se identificaron, cuantificaron y valoraron los beneficios, incluyendo los principales supuestos y fuentes empleadas para su cálculo.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

Los principales beneficios del programa son la garantía de cumplimiento con la normatividad en las descargas de agua a bienes propiedad de la nación, cumplimiento con las normas de disposición de lodos y cumplimiento de los compromisos con los usuarios del agua tratada. Los Incumplimientos con la normatividad implican el pago del derecho correspondiente de acuerdo con la Ley Federal de derechos. En términos económicos los impactos son los siguientes:

Cuadro 33.- Beneficios de la obra

Pago de derechos en caso de incumplimiento				
Caudal	Planta norte	300	l/s	
	Planta sur	1,500	l/s	
	Suma	1,800	l/s	
		56.8	Mm3/año	
Derecho			0.76	\$/m3
			43.2	M\$/año
Pérdida de ingresos por venta de agua tratada				
Caudal	Planta norte	300	l/s	
	Planta sur	100	l/s	
	Suma	400	l/s	
		12.61	Mm3/año	
Caudal actual cobrado		3.44	Mm3/año	
		4.36	\$/m3	
Ingresos por venta de agua tratada		1.25	M\$/mes	
		15.01	M\$/año	

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

En esta sección se incorpora el cálculo de los indicadores de rentabilidad de la obra, resultantes del análisis de la obra. La memoria de cálculo con la Información cuantitativa de la obra debe ser integrada al presente documento.

Los factores económicos tomados en consideración en el análisis de rentabilidad son los siguientes:

Sin proyecto:

- Egresos por parte de la JMAS a razón de 30 M\$/año para completar la rehabilitación en seis años,
- Egresos por parte de la JMAS para la operación de as dos platas por diez años, a razón de 65.4 M\$/año,
- Ingresos por venta de agua tratada a partir de los 15 M\$/año actuales, constantes durante el período d construcción e incrementándose gradualmente del año 5 al año 10 a razón de 3 M\$/año,
- Pagos decrecientes de derechos por incumplimiento de calidad durante los primeros 5 años del proyecto, y cumplimiento tota la a partir del año 6

Con proyecto

- los costos anuales antes presentados,
- sin pago de derechos por incumplimiento y
- con un creciente ingreso por venta de agua tratad a partir de los 15 M\$/año en el año 10.

Los resultados obtenidos son los que se consignan en el siguiente cuadro

Cuadro 34.- Indicadores de rentabilidad

Situación	Indicador financiero	
	Valor presente neto M\$	Costo anual M\$/año
Sin proyecto	-537	-87
Con proyecto	-447	-73
Ahorro	17%	

d) Análisis de sensibilidad

Describir las variables seleccionadas para realizar el análisis de sensibilidad. Adicionalmente, mostrar el impacto de la(s) variable(s) relevante(s) en la evaluación de la obra, y su valor en el cual el VPN es igual a cero. Finalmente, resumir de forma concreta las principales conclusiones del análisis de sensibilidad.

El impacto de las posibles variaciones de los factores que afectan la rentabilidad del proyecto sería dos:

El cobro de derechos por incumplimiento con la normatividad: en caso de que se condonaran los cobros por incumplimiento con la normatividad la rentabilidad de no hacer el proyecto se incrementaría, sin embargo este es un escenario poco probable por lo que las conclusiones de este estudio no es probable que se vean afectadas por este concepto.

Los ingresos por venta de agua tratada: en caso de que se cayese la demanda de agua tratada, o el valor de su comercialización, la rentabilidad de no hacer el proyecto se vería incrementada, sin embargo el escenario opuesto es el más probable, esto es que las demandas de agua tratada para reúso crezcan en una ciudad como Chihuahua, con severos problemas de escasez de agua, y que el valor comercial del agua tratada suba a causa de los crecientes costos del agua de primer uso, en cuyo caso la rentabilidad con proyecto sería aún mayor.

e) Análisis de riesgos

En esta sección se identifican los principales riesgos asociados a la obra en sus etapas de ejecución y operación, y se analizan sus impactos, así como las acciones necesarias para su mitigación.

Al inversionista prestador:

1. Retraso en los pagos por parte del contratante y el fideicomiso,
 - Probabilidad de ocurrencia: baja.
 - Posibles impactos: Interrupción de operaciones debido a la falta de recursos financieros.
 - Acciones necesarias: garantizar el fondeo al fideicomiso con las garantías del contratante durante la vigencia del contrato.
2. Sobrecargas de contaminantes en las plantas que afecten su funcionamiento.
 - Probabilidad de ocurrencia: baja.
 - Impactos: sobrecostos y posible afectación de calidad. Se afectaría el cumplimiento de la calidad del agua tratada, las operaciones de tratamiento terciario y a los clientes de agua tratada.
 - Acciones necesarias: penalizar a los usuarios que realicen descargas con excedente de contaminantes. Control de descargas excedentes de contaminante.
3. Que se no se actualicen las tarifas por inflación debida y oportunamente.
 - Probabilidad de ocurrencia: baja.

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas
de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

- Posibles impactos: puede provocar una operación con pérdidas económicas que origine baja calidad o interrupción del servicio.
 - Acciones necesarias: por acuerdo tarifario la actualización debe ser automática.
4. Que no se ajusten las tarifas y costos debida y oportunamente por situaciones extraordinarias y de reequilibrio económico – financiero
- Probabilidad de ocurrencia: media.
 - Impactos: pérdidas operativas que lleven a la Interrupción del tratamiento y a su consecuente daño ecológico y comercial
 - Acciones necesarias: asegurar la pronta resolución de solicitudes de reequilibrio financiero de acuerdo con el procedimiento establecido. Establecer la aplicabilidad de recursos a programas de emergencia en casos de grave contingencia.

Al contratante

1. Sobre cargas de contaminante en las plantas que afecten su funcionamiento.
 - Probabilidad de ocurrencia: alta.
 - Impacto: el proceso no podrá lograr las metas de calidad del agua para su venta u re-uso. Se afectaría las operaciones de los clientes de agua tratada.
 - Acciones necesarias: penalizar a los usuarios que realicen descargas con excedente de contaminantes. Instalar programa de control de descargas excedentes de contaminante.
2. Que no se cumpla con la calidad del agua tratada originando con ello un requerimiento de pago por derechos de descarga y de aprovechamiento de agua potable.
 - Factibilidad de ocurrencia: poco factible.
 - Posibles impactos: bajo, es responsabilidad del Inversionista Prestador.
 - Acciones necesarias: supervisión de control de las corrientes y variables de proceso con herramientas tecnológicas y estadísticas.

f) Indicadores de eficiencia, eficacia y efectividad

Metodología mediante la cual se evalúa el desempeño del inversionista prestador durante la vigencia del contrato.

g) Indicadores de grado de satisfacción de los usuarios del proyecto

En esta sección se presente la metodología que permite medir el grado de satisfacción del usuario durante la vigencia del contrato.

La satisfacción de los usuarios del agua tratada se manifiesta en la demanda y valor comercial del agua tratada, ambos parámetros están al alza, lo que evidencia la satisfacción de los usuarios con el programa de tratamiento de agua residual para reúso en servicios municipales, comercio, servicios, e industria varia

El cumplimiento con las normas vigentes y la ausencia de cargo por derechos, multas o recargos por parte de la autoridad competente es el mejor indicador del cumplimiento con los objetivos de saneamiento de las plantas, y la implementación del proyecto es garantía del cumplimiento con dichas obligaciones.

VI. Conclusiones y recomendaciones

- a) Conclusiones
- 9) La planta norte presenta un alto riesgo de fallos en su operación que le impedirían dar tratamiento las aguas residuales, de los cuales los tres principales son:
 - a) El sistema de pretratamiento actual permite el paso de basura que aparecen en el agua tratada que se suministra a la red morada,
 - b) El sistema de alimentación de aire al proceso biológico de tratamiento del agua esta en riesgo inminente de colapso y sin tratamiento biológico la planta no puede cumplir con las normas de calidad para reúso,
 - c) El sistema de desinfección con cloro, con más de 22 años de usos continuo necesita ser reemplazado a la mayor brevedad posible, pues puede tener en cualquier momento una falla imposible de reparar,
 - 10) La falla en la operación de la planta norte significa que no se podrán cumplir con los compromisos de entrega de agua tratada para reúso con las consecuentes consecuencias en el ingreso por venta de agua tratada, cerca de 15 M/año y, lo más serio el incumplimiento con los usuarios de agua tratada, por un caudal medio de 300 l/s, que tendrían que recurrir a agua de primer uso para satisfacer sus necesidades, y el agua de primer uso es no sólo cara, sino insuficiente para satisfacer las necesidades de la población.
 - 11) En sus condiciones de operación actuales la planta norte tiene unas pérdidas de energía por el deterioro de su sistema de aeración que representan cerca de 3 M\$/año de gasto en exceso de energía.
 - 12) De menor severidad, pero también de las que ponen en riesgo la continuidad de su operación, existen fallas potenciales en la planta sur que deben ser enfrentadas, entre ellas:
 - a) Las bombas de alimentación de agua cruda a la planta,
 - b) El equipo de deshidratado de lodos digeridos,
 - c) El sistema de desinfección con cloro,
 - 13) En las condiciones en que se encuentra el sitio actual para la disposición de los lodos de la planta incumple con las normas que le son aplicables, razón por esta en riesgo de ser clausurado con las consecuentes multas, y, lo más importantes, las plantas no podrían operar de no contar con un sitio para disponer de los lodos generados.
 - 14) Las modificaciones en el esquema de manejo de aguas residuales incorporadas al proyecto permiten eliminar el riesgo de multas por incumplimiento con la calidad de la descarga al río Sacramento y eliminan la muy costosa necesidad de reparar la línea de lodos de la planta norte.
 - 15) El Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo permite la ejecución de las obras del proyecto en un plazo no mayor a 12 meses, contados a partir del fallo del concurso para la otorgación del contrato.
 - 16) Con los limitados recursos financieros de la JMAS, aún complementados con créditos comerciales, la implementación del proyecto llevaría de 3 a 5 años, un plazo demasiado largo, considerando las consecuencias del posible fallo de los sistemas de tratamiento

Análisis costo beneficio del proyecto de rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de Chihuahua

- 17) La aplicación de los recursos financieros con los que actualmente cuenta la JMAS al proyecto permitiría iniciar de inmediato las obras de rehabilitación más urgentes de la planta norte, como son: (i) el soplador cuyo buen funcionamiento es indispensable para el proceso biológico de la planta, (ii) la sustitución del sistema de desinfección con cloro por el sistema UV y (iii) la reparación del pretratamiento cuyo mal funcionamiento afecta todos los procesos subsecuentes y llega a causar problemas de presencia de basuras en el agua de la red morada. De aplicarse estos recursos, la inversión inicial del inversionista privado se vería reducida en la misma magnitud y, consecuente el monto de la T1 durante la vigencia del contrato.
- 18) La participación del inversionista privado en el proyecto de rehabilitación obligara a la JMAS a la reubicación de los 74 empleados actualmente asignados a la operación y mantenimiento de las plantas (46 empleados de confianza y 28 sindicalizados),
- 19) La participación del inversionista privado en el proyecto permitiría optar por el aprovechamiento de los gases de la digestión para la cogeneración de energía calorífica, lo que tendría un impacto positivo en el costo total de tratamiento y reduciría la emisión de gases efecto invernadero.

b) Recomendaciones

3. Se recomienda la realización del proyecto de rehabilitación, operación y mantenimiento de las plantas bajo el esquema de un contrato de asociación público-privada (APP) como un Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo.
4. Se recomienda la aplicación inmediata de los recursos financieros con que actualmente cuenta la JMAS a la solución de los problemas más urgentes de la planta norte, incluyendo los sopladores de aire, la desinfección ultravioleta y la reparación y sustitución de equipos del pretratamiento.



**PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA A LARGO PLAZO PARA LA
REHABILITACIÓN DE LAS PLANTAS TRATADORAS NORTE Y SUR DE LA
CIUDAD DE CHIHUAHUA.**

FACTIBILIDAD TECNICA

Agosto del 2018

SITUACION ACTUAL

La Planta de Tratamiento Norte (PTARN) cuenta con 23 años de operación y la Planta de Tratamiento Sur (PTARS) con 12 años. Actualmente los equipos mecánicos y eléctricos de ambas plantas presentan graves deterioros, pero sobre todo los de la PTARN, lo anterior derivado de la falta de mantenimiento y sustitución de dichos equipos. En la PTARN las áreas más críticas que demandan una atención urgente es el sistema de aireación de los reactores biológicos, sistema de cloración y pretratamiento, sin embargo es necesario también sustituir por completo el sistema de bombeo del tren de lodos (primarios, espesados, digeridos y activados) y otros equipos. En la PTARS se requiere poner atención inmediata al sistema de bombeo de agua residual cruda, filtros banda y pretratamiento, siendo también necesario la rehabilitación del sistema de cloración y sistema de bombeo del tren de lodos entre otros.

JUSTIFICACION

Las PTARS descarga las agua tratadas al Rio Chuviscar y la PTARN descarga al Rio Sacramento, las 2 plantas tienen que cumplir con los parámetros de calidad impuestos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, en caso de incumplimiento de uno solo de los parámetros de dicha norma la JMAS deberá pagar la sanción administrativa correspondiente al volumen de agua total descargado durante el trimestre de dicha sanción siendo esto equivalente a \$8,300,000.00 para la PTARS y 2,500,000.00 para la PTARN por trimestre, aproximadamente. Así mismo las 2 plantas cuentan actualmente con un compromiso para venta de agua tratada a diferentes usuarios de la red morada, lo cual en caso de incumplimiento permitirá que dicho volumen comprometido sea sustituido con agua potable o de primer uso. Los daños actuales en los equipos generan grandes costos de operación y mantenimiento de las PTAR y ponen en riesgo el cumplimiento de la normatividad. Un claro ejemplo de esto son los costos de energía eléctrica de la PTARN, los cuales se ven incrementados hasta en un monto de \$3,000,000.00/año ocasionado por la deficiencia en el sistema de aireación.

ALTERNATIVAS

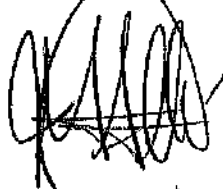
Para que las plantas de tratamiento cumplan con el objetivo de garantizar un tratamiento de acuerdo a lo establecido en la normatividad y poder brindar agua tratada de calidad para su re uso de manera eficiente técnica y económicamente, es necesario realizar de manera urgente una rehabilitación de ambas plantas, lo cual requiere de una inversión aproximada de \$180, 000,00. El flujo de efectivo de la JMAS, es insuficiente para realizar una inversión de esa magnitud de manera inmediata, por lo cual se requiere buscar la participación de una empresa privada que tenga la capacidad técnica y financiera para llevar a cabo de manera inmediata la rehabilitación de las 2 plantas de tratamiento. La propuesta técnica más viable es el proyecto de inversión pública a largo plazo para la rehabilitación de las plantas tratadoras Norte y Sur de la ciudad de Chihuahua, para tratar en la PTARN un flujo de 500 lps en 2 trenes de tratamiento, derivando el excedente de agua cruda, así como los lodos generados en la misma para su tratamiento en la

PTARS, a través de colector existente. La PTARS se rehabilitaría para un flujo de 1875 lps en 3 trenes de tratamiento. Se recomienda realizar un contrato de concesión a 10 años.

CONCLUSION

El proyecto de inversión pública a largo plazo para la rehabilitación de las plantas tratadoras Norte y Sur de la ciudad de Chihuahua, es factible técnicamente por las mejoras en los procesos de tratamiento derivadas de la inversión en equipos nuevos.

ELABORADA POR:



**ING. MANUEL ALTES CARDENAS
DIRECTOR TECNICO
JMAS**



FACTIBILIDAD AMBIENTAL

**PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA A LARGO PLAZO PARA LA
REHABILITACIÓN DE LAS PLANTAS TRATADORAS NORTE Y SUR DE LA
CIUDAD DE CHIHUAHUA.**

Agosto del 2018

SITUACION ACTUAL

La Planta de Tratamiento Norte (PTARN) cuenta con 23 años de operación y la Planta de Tratamiento Sur (PTARS) con 12 años. Actualmente la mayoría de los equipos mecánicos y eléctricos sufren serios daños ocasionados por la falta de mantenimiento y termino de su vida útil. Las 2 plantas de tratamiento cumplen con las diferentes normatividades en materia ambiental sin embargo es urgente realizar acciones que garanticen el cumplimiento de dicha normatividad a largo plazo , para lo cual es necesario llevar a cabo el proyecto de inversión a largo plazo para la rehabilitación de las Plantas de Tratamiento Norte y Sur de la ciudad de Chihuahua.

JUSTIFICACION

Las plantas de tratamiento tienen una serie de obligaciones de tipo ambiental, con diferentes dependencias del orden Federal, Estatal y Municipal. Las condiciones actuales de operación de las plantas demandan una urgente atención para poder continuar cumpliendo con dichas normativas. Algunas de las principales Leyes y Normas que se corre el riesgo de incumplimiento, así como hacerse acreedores a sanciones administrativas por el mal estado de las plantas, son:

NOM-001-ECOL-1996- Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.-Dicha norma es la más importante en materia de tratamiento de aguas residuales y establece los parámetros de las descargas del agua tratada de las plantas de tratamiento a cuerpos receptores (Río Chuiscar y Río Sacramento). Para poder dar cumplimiento a dicha norma es necesario mantener en buenas condiciones los diferentes equipos de las plantas. Así mismo el enviar aguas crudas o con un deficiente tratamiento a los cuerpos receptores, provocaría un impacto negativo en los diferentes ecosistemas acuáticos y terrestres (flora y fauna), así como riesgos de contaminación de suelo y aguas subterráneas por infiltración. El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud, daños al medio ambiente, además de malos olores y apariencia desagradable del entorno. Es importante hacer mención que las sanciones impuestas por la CNA por el incumplimiento son del orden de los \$8,300,000.00 para la PTARS y \$2,500,000.00 para la PTARN por trimestre. Como se puede observar en el dictamen expedido por la Comisión Nacional del Agua (se anexa copia), actualmente las Plantas de Tratamiento cumplen con esta norma, sin embargo el no realizar una inversión inmediata para sustituir los equipos obsoletos o dañados pone en riesgo el cumplimiento de la misma por deficiencias en el tratamiento de aguas residuales y lodos.

NOM-003-SEMARNAT-1997- Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en

servicios al público.- El cambio climático, el aumento de la escasez de agua, el crecimiento de la población, los cambios demográficos y la urbanización ya suponen desafíos para los sistemas de abastecimiento de agua. La reutilización de las aguas residuales para recuperar agua, nutrientes o energía se está convirtiendo en una estrategia importante. Los países están utilizando cada vez más las aguas residuales para regar: en los países en desarrollo, esto representa el 7% de las tierras de regadío. La gestión segura de las aguas residuales puede aportar múltiples beneficios, como el aumento de la producción de alimentos. Las fuentes de abastecimiento de agua potable y de riego seguirán evolucionando, con una presencia cada vez mayor de las aguas subterráneas y de fuentes alternativas, como las aguas residuales. Uno de los principales objetivos del tratamiento de agua es el reúso del agua tratada para sustituir el agua de primer uso (agua potable) por agua tratada en actividades que no requieren calidad potable y con esto tener una mayor disponibilidad para satisfacer las necesidades de abastecimiento del recurso agua demandadas por la población. El deterioro de los diferentes equipos de las plantas de tratamiento pone en riesgo el cumplimiento de esta norma al no cumplir con la calidad de los parámetros establecidos y por lo tanto el suministro de agua tratada y la entrada de ingresos por venta de la misma. Con la rehabilitación de las plantas se obtendrá un agua tratada de calidad para poder seguir abasteciendo a los usuarios actuales e incrementar dicho padrón. El incremento en el suministro de agua tratada representa un impacto favorable para la sobreexplotación de los acuíferos y un ahorro del recurso agua.

NOM-004-SEMARNAT-2002-Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.-El tren de tratamiento de lodos es una parte importante durante el proceso de tratamiento de aguas residuales a través de procesos biológicos como el de lodos activados. Actualmente los trenes de lodos de las plantas de tratamiento presentan serias deficiencias en el proceso de espesado, digestión y deshidratado, por lo cual es urgente realizar la rehabilitación de dichos trenes para poder cumplir con la normatividad ambiental aplicable. Así mismo las deficiencias en los diferentes procesos del tratamiento de lodos generan altos costos de operación y mantenimiento, pudiendo afectar el proceso de tratamiento de agua y la calidad del agua tratada. Por último es importante mencionar que se requiere la adecuación de un sitio de disposición final para el almacenamiento de los lodos tratados. Con la rehabilitación de las plantas de tratamiento y el envío del tren de lodos de la PTARN a la PTARS se obtendrá un lodo estabilizado de alta calidad que cumpla con esta normativa y sea factible para uso como mejorador de suelos agrícolas, teniendo con esto un gran impacto ambiental y económico. Así mismo la construcción de un monorelleno para la disposición temporal de los lodos deshidratados permitirá evitar la contaminación de cuerpos receptores y aguas subterráneas por escurrimiento o infiltración de los lixiviados de los lodos.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE

(LGEEPA).-En esta ley se habla sobre las sustancias altamente riesgosas como es el caso del gas cloro, el cual actualmente es utilizado en la etapa final del tratamiento en las 2 plantas, como agente desinfectante. La sustitución del gas cloro por UV eliminaría por completo el riesgo a la población, así como al medio ambiente. El gas cloro es un producto químico altamente riesgoso el cual en caso de una fuga puede provocar daños a la salud y al medio ambiente desde leves hasta graves, la sustitución del gas cloro por UV, representa un gran impacto favorable, realizando la desinfección del agua tratada de una manera más eficiente, sin poner el riesgo a la población y el medio ambiente.

ALTERNATIVAS

Para que las plantas de tratamiento cumplan con el objetivo de garantizar un tratamiento de acuerdo a lo establecido en la normatividad ambiental y poder brindar agua tratada de calidad para su reúso de manera eficiente técnica y económicamente, es necesario realizar de manera urgente una rehabilitación de ambas plantas, lo cual requiere de una inversión aproximada de \$180,000,000.00. La propuesta técnica más viable es realizar la rehabilitación de la PTARN para tratar un flujo de 500lps en 2 trenes de tratamiento, derivando el excedente de agua cruda, así como los lodos generados en la misma para su tratamiento en la PTARS, a través de colector existente. La PTARS se rehabilitaría para un flujo de 1875lps en 3 trenes de tratamiento. El cambio del Cloro por UV representa la mejor alternativa en materia ambiental, con lo cual se cumpliría con los diferentes requerimientos de las dependencias Federales en materia ambiental. Así mismo la rehabilitación de las 2 plantas garantizaría el eficiente tratamiento del agua residual, así como de los lodos generados durante el tratamiento, con lo cual se cumpliría sin ningún problema las NOMs arriba mencionadas.

CONCLUSION

El proyecto de rehabilitación de la plantas de tratamiento no implica la construcción de una planta nueva o construcción de obra civil, básicamente sería la sustitución de los equipos eléctricos o mecánicos que ya cumplieron su vida útil, así como el cambio de tecnologías obsoletas por tecnologías modernas e innovadoras que garanticen un óptimo funcionamiento de las plantas de tratamiento tanto en el tren de agua como el tren de lodos. A pesar de que actualmente se cumple con las diferentes normatividades en materia ambiental, de continuar la operación de las plantas con los equipos actuales pone en riesgo el cumplimiento de dichas normativas. Por otro lado las normas y leyes sufren modificaciones continuas, las cuales son más estrictas y requieren de sistemas de tratamiento más eficientes para su cumplimiento, por lo anterior es necesario la rehabilitación de las 2 plantas de manera urgente, para poder tener plantas de tratamiento de aguas residuales sustentables y amigables con el medio ambiente.

**DIRECCIÓN LOCAL CHIHUAHUA
SUBDIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
DRENAJE Y SANEAMIENTO
OFICIO NO. 800.906.03-063**

Asunto: Cumplimiento con obligaciones que las normas imponen a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Norte y Sur de la ciudad de Chihuahua.

Chihuahua, Chih., 15 de Agosto de 2018.

Lic. Roberto Lara Rocha,
Presidente del Consejo Directivo de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua.
PRESENTE

En atención a su escrito No. 9360/2018 de fecha 13 de agosto del presente mediante el cual solicita a esta Dirección Local Chihuahua documento que haga constar que esa empresa, operadora a su cargo, opera y se encuentra al corriente con la normalidad ambiental referente a descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, receptores de aguas residuales y biomas nacionales, dando cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 para los ríos de cabecera de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur de la ciudad de Chihuahua.

Al respecto, me permito comunicarle que a la fecha, la calidad de agua residual tratada en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Norte y Sur de la ciudad de Chihuahua y que se descargan a cuerpos receptores propiedad de la nación, cumple con las condiciones de descarga establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano la atención a nuestra petición, le envío un cordial saludo.

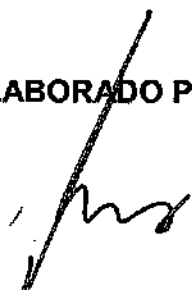
ATENTAMENTE
El Director Local Chihuahua.

**Kamel Wadid David Athlo
Flores**

C.P. Miguel Ángel de la Cruz, 2000, Calle de la Libertad y Avenida de la Constitución
Chihuahua, Chihuahua, México
Teléfono: 614 432 4000

Av. Universidad 1260, Col. Magisterial, CP. 31370, Chihuahua, Chih.
Tel: (614) 432 4000 FAX: 1300. info@conagua.gob.mx
www.conagua.gob.mx
"El agua nos vive, cuidarla es compromiso de todos"

ELABORADO POR:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'mas', is written over a diagonal line that crosses the text 'ELABORADO POR:'.

DR. MARIO ALBERTO OLMOS MARQUEZ
JEFE DEPTO SANEAMIENTO
JMAS

JUNTA MUNICIPAL DE AGUA Y SANEAMIENTO DE CHIHUAHUA

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD LEGAL, CON FUNDAMENTO EN EL NUMERAL 3,
FRACCIÓN v, DE LA SECCIÓN I DE LOS LINEAMIENTOS GENERALES Y
METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO
DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA A LARGO PLAZO DEL ESTADO
DE CHIHUAHUA.**

03 DE AGOSTO DEL 2018

I.- DEL ANALISIS DE LA PROCEDENCIA LEGAL

Por medio del presente escrito se realizará un análisis, por parte del departamento jurídico de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, relacionado con el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables, tanto en el ámbito estatal como municipal, a efecto de determinar la viabilidad legal del Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo para la Rehabilitación de las Plantas Tratadoras Norte y Sur de la Ciudad de Chihuahua; Chih., en los términos del numeral 3, fracción v, de la sección I de los Lineamientos Generales y Metodología para la Elaboración del Análisis Costo Beneficio de los Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua, publicados en el Periódico Oficial del Estado de Chihuahua en fecha 13 de septiembre de 2017.

Para efecto de demarcar una base jurídica, las normas que se deben aplicar a efecto de analizar la factibilidad de ese tipo de proyectos son las siguientes:

- Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua.
- Reglamento de la Ley de la Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua.
- Ley del Agua del Estado de Chihuahua.

1.- En lo que respecta a la **Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua** debe cumplir con los siguientes preceptos:

- 1) **ARTÍCULO 2, INCISO K).- El compromiso de recursos públicos que exceda el plazo de 5 años.**

Al respecto el proyecto que se propone prevé comprometer recursos públicos por 10 años, por tanto superior a los 5 años necesarios para hablar de una inversión pública a largo plazo.

- 2) **ARTÍCULO 5.- No encontrarse dentro de las funciones que, de manera exclusiva, ejerza una dependencia o entidad de carácter federal o municipal.**

La prestación del servicio de tratamiento de aguas residuales, con fundamento en lo establecido en el artículo 18 de la Ley del Agua del Estado de Chihuahua, es una facultad con la que cuentan las juntas municipales de agua y saneamiento, por lo que, al ser estas organismos públicos descentralizados del poder ejecutivo del Gobierno del Estado, con fundamento en el mismo precepto, se concluye que esta no es una función exclusiva de una dependencia o entidad de carácter Federal o Municipal.

- 3) ARTÍCULO 6.- Su objeto debe de ser que un inversionista proporcione un conjunto de servicios, incluyendo financiamiento, diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura para la prestación de un servicio público.**

Al respecto la propuesta de proyecto en cuestión prevé el financiamiento de la rehabilitación, así como la operación y mantenimiento de las plantas tratadoras de aguas residuales denominadas Norte y Sur, de la ciudad de Chihuahua, Chih., infraestructura indispensable para dotar del servicio público de tratamiento de aguas residuales.

- 4) ARTÍCULO 7, FRACCIÓN I.- implicar la asignación de recursos presupuestales de más de un ejercicio fiscal.**

En cuanto a esto, la propuesta de proyecto prevé asignar recursos de 10 ejercicios fiscales.

- 5) ARTÍCULO 7, FRACCIÓN II.- Atender al desarrollo de infraestructura pública.**

Se prevé, al respecto, la rehabilitación y modernización de las plantas de tratamiento de aguas residuales, de nombre "Norte" y "Sur" de la ciudad de Chihuahua, las cuales, con fundamento en lo establecido en el penúltimo párrafo del artículo 11 de la Ley del Agua del Estado de Chihuahua, son bienes del dominio público del Estado, y por tanto constituyen infraestructura pública.

6) ARTÍCULO 7, FRACCIÓN III.- El Inversionista sea el responsable de la Inversión y mantenimiento del proyecto.

La propuesta de proyecto en estudio plante que sea el inversionista quien precisamente se responsabilice por la inversión y el mantenimiento de las plantas tratadoras, tanto norte, como sur, durante los 10 años que se prevén.

7) ARTÍCULO 19, FRACCIÓN V.- Ser congruente con las atribuciones y facultades de la autoridad contratante y con el Plan Estatal de Desarrollo.

Al respecto, las **atribuciones y facultades** de la autoridad contratante se establecen en la Ley del Agua del Estado de Chihuahua, debiéndose aplicar, en lo que respecta a las facultades de sus entes, la vigente antes de la última modificación a su clausulado, es decir, la de fecha 30 de diciembre de 2017, pues se encuentra en el supuesto del transitorio tercero, que otorga un plazo de gracia de 18 meses para su aplicación, plazo que aún no se cumple, por lo que resulta aplicable específicamente, en su **artículo 18** donde se establece facultad de las Juntas Municipales de Agua y Saneamiento la prestación de los servicios de Saneamiento, Tratamiento de Aguas Residuales y Disposición final de lodos, entre otros. Lo mismo se establece en la **fracción I del artículo 22**.

En lo que respecta al **Plan Estatal de Desarrollo**, el **Eje 3** Infraestructura, Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, **apartado B**. Objetivos, Estrategias y Líneas de Acción, **Objetivo 4** Mejorar a nivel estatal la administración y uso sustentable del agua con la concurrencia de autoridades federales, estatales y municipales, así como la participación de la sociedad civil organizada, **numeral 4.2**. Concertar el Plan Hídrico a Largo Plazo como el instrumento de aprovechamiento sustentable de aguas subterráneas y superficiales en el estado, del cual se resaltan dos puntos:

- Construir e integrar los sistemas de tratamiento y redes para conducción de aguas residuales tratadas.
- Promover el reúso de aguas residuales tratadas en actividades que no requieren agua potable.

A su vez, del Eje en estudio, el **Objetivo 5** Ampliar y modernizar la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado, saneamiento y uso de agua tratada, con el fin de mejorar la calidad del agua y dar prioridad a zonas urbanas con índices de pobreza y zonas rurales de alta marginación, **numeral 5.3** Incrementar la infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento de aguas residuales para mejorar la cobertura del servicio en el medio rural y zonas urbanas marginadas, del cual se puede abstraer el siguiente punto:

- Atraer fuentes de financiamiento de recursos internacionales, federales, municipales y/o privados mediante convenios de colaboración y/o inversiones público-privadas, para promover el desarrollo e implementación de proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Construir, rehabilitar, operar y/o mantener las obras hidráulicas existentes.

8) ARTÍCULO 21, FRACCIÓN IV, APARTADO B, SUPUESTO a.- la transmisión de la propiedad de todos los activos a favor de la propiedad contratante.

El proyecto en cuestión prevé la transmisión de todos los activos a favor de la autoridad, una vez concluido el plazo del contrato.

9) ARTÍCULO 23, SEGUNDO PÁRRAFO.- Su plazo no podrá exceder de 40 años.

El plazo establecido para el proyecto es de 10 años.

10)ARTÍCULO 23, TERCER PÁRRAFO.- El flujo de los pagos previstos en el conjunto de proyectos en ejecución, no exceda del 20% del presupuesto de egresos.

Según se establece en la propuesta de proyecto a estudio y de los datos recabados de la contabilidad del Organismo, el flujo de los pagos previstos en el conjunto de proyectos en ejecución para la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua es de \$117 MDP, lo que equivale a 10.5% del presupuesto de egresos.

2.- En lo que respecta al **Reglamento de la Ley de la Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua**, los Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo deben cumplir con los siguientes preceptos:

1) ARTÍCULO 4, FRACCIÓN I.- Que su realización implique la celebración de un contrato de inversión pública a largo plazo.

En el proyecto en estudio, se prevé la formalización del mismo a través de un contrato en los términos que establece el artículo 21 de la Ley de Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo.

2) ARTÍCULO 4, FRACCIÓN II.- Que el proyecto permita a la contratante cumplir de una manera más eficiente con sus funciones, ampliar y mejorar la cobertura de los servicios públicos y modernizar e incrementar la infraestructura pública.

Las plantas tratadoras norte y sur de la ciudad de Chihuahua, se encuentran en mal estado, lo cual hace que su funcionamiento no sea el adecuado, por lo tanto, su rehabilitación y modernización, en los términos en los que se proyecta, traerá aparejada cumplir con la normatividad en términos ambientales; una mayor confiabilidad en la operación con la actualización tecnológica y sustitución de equipos en mal estado, menores consumos de energía derivado de las deficiencias en los equipos e

incrementar la capacidad de tratamiento de las dos plantas, permitiendo el tratamiento de mayores caudales de agua residual para su reúso.

3) ARTÍCULO 4, FRACCIÓN III.- Que la estructura del proyecto permita definir las características y calidad del servicio requerido.

El proyecto en estudio, cumple con el mencionado requisito, pues establece como objetivo el garantizar un tratamiento eficiente y económico del agua residual de la ciudad.

4) ARTÍCULO 4, FRACCIÓN IV.- Que se asegure la prestación de servicios públicos en el largo plazo, de una manera efectiva, equitativa y responsable, en donde la asignación de riesgos entre el sector público y privado, estén claramente definidos.

La planta norte, a la fecha, tiene 23 años de operación y la planta sur 12, por lo que requieren ser rehabilitadas, incorporando avances tecnológicos que le permitan una operación confiable y cumplir con la normatividad en la materia de agua residual y disposición de lodos, todo esto para seguir prestando el servicio público que la ciudad necesita, de lo contrario, dichas plantas no se encuentran en condiciones de seguir prestando el servicio en el futuro, definiéndose claramente que la inversión inicial para estos efectos, es de alrededor de 144 MDP, misma que el organismo no puede asignar sin poner en riesgo la prestación del servicio y su estabilidad financiera, por lo que es necesaria la intervención del sector privado con los riesgos que representa.

5) ARTÍCULO 25.- Tomar en consideración el plan estatal de desarrollo y sus programas sectoriales.

La propuesta de proyecto es congruente con las directrices establecidas en el Plan Estatal de Desarrollo, como se desarrolló ampliamente en supra líneas.

3.- En lo que respecta a la **Ley del Agua del Estado de Chihuahua**, los Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo deben cumplir con los siguientes preceptos:

1) ARTÍCULO 39.- Debe preverse la revisión, aprobación y supervisión de planos, proyectos y otros documentos, así como la obra, por parte del Organismo Operador.

El proyecto prevé, para el organismo operador un derecho de veto sobre otras revisiones o aprobaciones, siendo esta la principal y definitiva, luego entonces, no solamente se prevé una revisión, aprobación y supervisión tanto documental como de campo por parte del organismo, sino que esta es primordial frente a otras de cualquier índole.

2) ARTÍCULO 63.- Establece que la calidad del agua deberá ajustarse a los límites máximos permisibles para el agua residual tratada destinadas a servicios públicos en la normatividad aplicable vigente.

El proyecto en estudio, prevé que la calidad del agua resultado de los procesos propios de las plantas de tratamiento, una vez rehabilitadas, debe cumplir con las normas vigentes al momento de la firma del contrato, y algo a agregar, es que no solo en materia de aguas residuales, sino en materia de lodos también.

II.- DEL ANALISIS DEL PROCESO LICITATORIO

Al respecto el artículo 28 de la Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo establece que los procedimientos se sujetarán a las disposiciones señaladas en la Ley de Adquisiciones y demás disposiciones aplicables, a su vez, el artículo 2 inciso m), establece como Ley de Adquisiciones, la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos, Contratación de Servicios y Obra Pública del Estado de Chihuahua, legislación que fue abrogada, por la entrada en vigor de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua, tal como establece en su transitorio segundo, legislación que fue publicada en el Periódico Oficial del Estado en fecha 17 de febrero de 2018, mediante decreto LXV/EXLEY/0462/2017 I.P.O.

Luego entonces, será aplicable, en cuanto al procedimiento licitatorio, lo establecido en el TITULO QUINTO, CAPÍTULO TERCERO de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua.

III.- MODELO DE CONTRATO

El modelo de contrato, en los términos del artículo 21 fracciones II de la Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo, se anexa al presente, como parte integral del mismo, el cual fue elaborado y valorado por esta Dirección Jurídica, en todas y cada una de sus partes, al cual se le ha denominado, como **(Anexo 1)**.

Por lo anterior, esta Dirección Jurídica del organismo público descentralizado Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, determina que el Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo para la Rehabilitación de las Plantas Tratadoras Norte y Sur de la Ciudad de Chihuahua; Chih. en estudio, cumple con las disposiciones jurídicas aplicables, por lo que se considera viable si implementación en los términos acotados, lo anterior con fundamento en los artículos 1 fracción II, 10 fracción X, 17 fracciones h) e i), 21 fracciones II, III y V y de más relativos y aplicables a la Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua, 1,18, 19 fracción I y de más relativos y aplicables de su reglamento; 2, 3 fracción v de los Lineamientos Generales y Metodología para la Elaboración del Análisis Costo Beneficio de los Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua, publicado en el Periódico Oficial del Estado en fecha 13 de Septiembre de 2017; así como en los artículos 1, 4 fracción II, 8 fracciones I, II y IV y demás relativos y aplicables de la Ley del Agua del Estado de Chihuahua.

La presente se emite únicamente para los efectos y en el sentido acotados en la Legislación antecitada.

ATENTAMENTE:



LIC. JESÚS EMMANUEL GRACIA MUÑOZ
DIRECTOR JURÍDICO

JUNTA MUNICIPAL DE AGUA Y SANEAMIENTO DE CHIHUAHUA

JUNTA MUNICIPAL DE AGUA Y SANEAMIENTO DE CHIHUAHUA

**DICTAMEN DE FACTIBILIDAD FINANCIERA-PRESUPUESTAL SOBRE
UNA INVERSIÓN PÚBLICA A LARGO PLAZO, PARA LA
REHABILITACIÓN DE LAS PLANTAS TRATADORAS NORTE Y SUR
DEL ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO JUNTA MUNICIPAL
DE AGUA Y SANEAMIENTO DE CHIHUAHUA.**

PRESENTADO



**POR: C. P. ARTURO JIMENEZ CÁRDENAS
TESORERO DE LA JUNTA MUNICIPAL DE AGUA Y SANEAMIENTO DE
CHIHUAHUA**

08 DE AGOSTO DEL 2018

Análisis de Factibilidad Presupuestal del Proyecto de Rehabilitación de las Plantas Tratadoras Norte y Sur de la Ciudad de Chihuahua

CONTENIDO:

- Antecedentes
- Alternativa 1.- Ejecución de obras con cargo al Presupuesto de Gasto e Inversión del Organismo
- Alternativa 2.- Ejecución de obras mediante un Crédito Bancario Directo
- Alternativa 3.- Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo
- Conclusiones
- Directrices establecidas en el Presupuesto de Egresos del ejercicio fiscal que corresponda

ANTECEDENTES:

- 1) Las PTAR Norte y Sur, han estado en operación por 23 y 12 años respectivamente y actualmente se encuentran en una situación que amerita inmediata rehabilitación para adecuar sus condiciones de operación, ya que actualmente ambas plantas operan con un caudal inferior a su capacidad máxima instalada. La rehabilitación de ambas plantas nos presenta un área de oportunidad a manera de optimizar de manera integral el adecuado funcionamiento, reduciendo los costos de operación y al mismo tiempo adecuar la capacidad de las PTAR.

- 2) Actualmente los costos de operación y mantenimiento de las PTAR van en aumento, debido a la nula inversión en equipamiento y erogación en mantenimiento preventivo. Aunado a esta situación, no se cuenta con la infraestructura necesaria para incrementar el ingreso por la comercialización de agua residual tratada; generando un déficit mensual de \$6'131,904.00

ESCENARIO ACTUAL		mensual	anual
INGRESOS		\$ 1,277,281	\$ 15,327,372
Venta Agua Tratada (Eficiencia 66%)	\$ 1,277,281.02		
EGRESOS		\$ 6,409,185	\$ 76,910,223
SUELDOS Y SALARIOS	\$ 1,587,119.71		
MATERIALES Y SUMINISTROS	\$ 1'407,350.52		
SERVICIOS GENERALES	\$ 3,414,714.99		
Pago derechos descargas (incumplimiento)		\$	
INVERSION		\$ 1'000,000	\$ 12,000,000
Instalaciones PTAR	\$ 1'000,000.00		
TOTAL EGRESOS		\$ 7,409,185	\$ 88,910,220
DEFICIT CON INVERSIONES		-\$ 6,131,904	-\$ 73,582,848

- 3) No se cuenta con la infraestructura y equipos necesarios para la identificación de los usuarios generadores de descargas excedentes de contaminantes lo que genera, por un lado no captar ingresos por este concepto, lo que representa un área de oportunidad no explotada; y por otro lado, las PTAR reciben el agua con mayor grado de contaminantes, lo que genera un costo cada vez mayor para el tratamiento del agua, generando un déficit cada vez más alto.
- 4) Como consecuencia de lo anterior, y dadas las condiciones actuales de las PTAR, y de no realizar inversiones inmediatas, corremos el riesgo de no cumplir con las Normas oficiales, lo que nos llevaría al desembolso de pago a CONAGUA por concepto de Derechos por Descargas a Cuerpos Receptores, que aproximadamente asciende a la cantidad anual de \$43'200,000.00 aunado a las multas que se generarían por el no cumplimiento de dichas Normas.
- 5) Conforme a lo establecido en los Lineamientos y Metodología para la Elaboración del análisis Costo Beneficio de los Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo; para el análisis de factibilidad presupuestal para el Programa de Rehabilitación Integral de las Plantas de Tratamiento Norte y Sur, de la Ciudad de Chihuahua, se presenta un estudio comparativo de las alternativas financieras disponibles para el financiamiento y realización del proyecto, indicando en cada caso el impacto de cada una de las alternativas sobre las finanzas del Organismo, así como su potencial para atender los requerimientos del proyecto.
- 6) Se estima que el Proyecto, contempla un monto de inversión inicial en infraestructura de \$144 mdp para la Rehabilitación Integral de las Plantas de Tratamiento Norte y Sur, más lo correspondiente a gastos

iniciales de arranque por \$14.5 mdp y la utilidad estimada del contratista, lo que nos da una inversión inicial total (T-1) de \$180.0 mdp

- 7) El proyecto contempla también la administración, operación y mantenimiento (T-2 y T-3) de las PTAR Norte y SUR durante los 10 años previstos en el contrato de servicios a largo plazo; conceptos a los que se contempla aplicar \$719.0 mdp a precios 2018 durante la vida del proyecto; esto en términos de la Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua, los que nos da los primeros 5 años con el caudal actual un promedio de \$68.1 mdp anuales, equivalentes al 88.55% de lo que se provee erogarse al cierre de este ejercicio 2018; mismos costos que se actualizarán con el promedio del INPC de los rubros de EE, SM, PQ, TRANSP y SEG.

ALTERNATIVA 1.-

EJECUCIÓN DE OBRAS CON CARGO AL PRESUPUESTO DE GASTO E INVERSIÓN DEL ORGANISMO

El monto anual del Presupuesto de Egresos aprobado para este ejercicio 2018, asciende a la cantidad de \$1,114.8 mdp, el cual contempla \$75 mdp para operación y mantenimiento de las PTAR así como \$12 mdp iniciales, para infraestructura. Todo esto con orígenes del presupuesto de Egresos propios, ya que para este ejercicio el recurso Federal por recibir no aplica para acciones de Saneamiento.

Suponiendo que el Organismo opte por llevar a cabo las inversiones del Proyecto con cargo al Presupuesto de Gasto e Inversión, iniciando obras en este ejercicio, y considerando que, se pueda hacer un ejercicio de priorización de proyectos de inversión, se podría incrementar hasta un importe de \$34.0 mdp; por lo que se estima que el recurso sería suficiente para cubrir solo un

18% de la inversión inicial para el Proyecto Rehabilitación de las PTAR Norte y Sur.

Con ese ritmo, considerando que los costos del proyecto se mantengan constantes en un horizonte de largo plazo, nos llevaría 5 años más para desarrollar el proyecto de rehabilitación, con riesgos en su integridad y uniformidad tecnológica.

Además del inconveniente anterior, el mantenimiento y operación de las PTAR exigiría mantener una erogación anual, superior a la aplicada en el presente ejercicio fiscal, ya que las condiciones actuales de las plantas ameritan cada vez más gastos por mantenimiento.

Con la condición anterior, el impacto positivo se vería conforme se vayan dando los cambios parciales en la infraestructura; aunado a erogar adicional lo correspondiente a las sanciones por descargas que no cumplan con la norma.

Por estas razones, la alternativa de financiamiento del proyecto de rehabilitación de las PTAR Sur y Norte, con base en el programa directo de inversión del Organismo es desechada.

	Presupuesto 2018	
INGRESOS	1,114,777,145.45	100%
POR SERVICIOS DE AGUA, ALC. Y SANEAMIENTO	856,236,720.80	77%
POR DERECHOS DE FRACC. Y CONEXIONES	122,850,407.54	11%
RESTO DE INGRESOS	88,790,017.11	8%
APORTACIONES FEDERALES	46,900,000.00	4%

Presupuesto 2018		
EGRESOS	982,633,833.34	88%
SERVICIOS PERSONALES	412,215,342.79	37%
MATERIALES Y SUMINISTROS	41,785,596.65	4%
SERVICIOS GENERALES	462,822,758.12	42%
TRANSFEREN, ASIGNACIONES, SUBSIDIOS Y OTRAS AYUDAS	65,810,135.78	6%
PARTICIPACIONES Y APORTACIONES	-	0%
INT. COMISIONES Y OTROS GASTO DE LA DEUDA PUBLICA	-	0%
INVERSIONES NUEVAS	132,143,312.11	12%
INMUEBLES	-	0%
MOBILIARIO Y EQUIPO	20,830,000.00	2%
INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA	94,313,312.11	10%
INFRESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO	-	0%
INFRAESTRUCTURA DE SANEAMIENTO	17,000,000.00	0%
SUMAN LOS EGRESOS	1,114,777,145.45	100%

ALTERNATIVA 2.-

EJECUCIÓN DE OBRAS MEDIANTE UN CRÉDITO BANCARIO DIRECTO

A continuación se señala una de las principales acotaciones legales al endeudamiento público municipal de conformidad con lo establecido en la Legislación Del estado de [Chihuahua].

- Saldo Insoluto Máximo: El saldo insoluto pendiente a cargo de las subsecuentes administraciones no deberá de exceder del 10% del presupuesto correspondiente al ejercicio fiscal inmediato anterior al que se haya contratado el crédito.

En el ejercicio fiscal 2017, (ejercicio fiscal anterior a la contratación del crédito) el Presupuesto de Ingresos y Egresos fue de \$1,081.2 mdp; de contratarse una obligación de deuda durante el ejercicio fiscal 2018, el saldo insoluto máximo pendiente a cargo de las subsecuentes administraciones, no podrá rebasar la cantidad de \$108.1 mdp.

De conformidad con las restricciones anteriormente señaladas, el monto máximo de endeudamiento a contratar sería de \$111.0 mdp para no rebasar el 10% del Presupuesto como lo marca la legislación.

Aunado a lo anterior, el monto inicial de inversión en esta alternativa, se incrementaría a \$198.12 mdp, ya que se adiciona al costo de la infraestructura, los gastos correspondientes a la instalación de la misma, ya que se tendría que contratar a un externo para esta acción.

Monto del crédito:	\$198,125,000.00
Tasa de interés (anual):	12.11%
Número de pagos (mensuales):	120
Pago (mensual):	\$2,855,131.03

Pago	Pago Interés	Pago Capital	Saldo
1	\$1,999,411.46	\$855,719.57	\$197,269,280.43
2	\$1,990,775.82	\$864,355.21	\$196,404,925.22
3	\$1,982,053.04	\$873,077.99	\$195,531,847.23
4	\$1,973,242.22	\$881,888.80	\$194,649,958.42
5	\$1,964,342.50	\$890,788.53	\$193,799,169.89
6	\$1,955,352.96	\$899,778.07	\$192,859,391.82
7	\$1,946,272.70	\$908,858.33	\$191,950,533.49
8	\$1,937,100.80	\$918,030.23	\$191,032,503.26
9	\$1,927,836.95	\$927,294.68	\$190,105,208.57
10	\$1,918,478.40	\$936,652.63	\$189,168,555.94
11	\$1,909,026.01	\$946,105.02	\$188,222,450.92
12	\$1,899,478.23	\$955,652.80	\$187,266,798.13
13	\$1,889,834.10	\$965,296.92	\$186,301,501.20
14	\$1,880,092.65	\$975,038.38	\$185,326,462.82
15	\$1,870,252.89	\$984,878.14	\$184,341,584.68
16	\$1,860,313.83	\$994,817.20	\$183,346,767.48
17	\$1,850,274.46	\$1,004,856.57	\$182,341,910.91
18	\$1,840,133.78	\$1,014,997.25	\$181,326,913.66
19	\$1,829,890.77	\$1,025,240.26	\$180,301,673.40
20	\$1,819,544.39	\$1,035,586.64	\$179,266,086.76
21	\$1,809,093.59	\$1,046,037.44	\$178,220,049.33
22	\$1,798,537.33	\$1,056,593.70	\$177,163,455.63
23	\$1,787,874.54	\$1,067,256.49	\$176,096,199.14
24	\$1,777,104.14	\$1,078,026.89	\$175,018,172.25

En cuanto a la afectación a las finanzas del Organismo, se tendrían que afectar los presupuestos subsecuentes con los montos de los intereses, lo que disminuye rubros importantes del gasto.

Sin embargo, considerando que la inversión inicial para el Proyecto de Rehabilitación de las PTAR requiere un monto total de inversión de \$180.0 mdp, y relacionado con el monto máximo de endeudamiento mencionado, el Organismo podría cubrir aproximadamente solo el 61% del proyecto.

Además de inconveniente anterior, el impacto a la baja en el requerimiento de recursos para mantenimiento y operación, que supone el cambio de tecnología, se dispersa en el tiempo, lo cual exigiría mantener una erogación anual muy cercana a la aplicada en el presente ejercicio fiscal que es de \$88.9 mdp a precios actuales.

En conclusión, el monto posible de recursos disponibles para el requerimiento de la inversión inicial del proyecto de \$111 mdp, no es suficiente para atender el requerimiento total de la inversión inicial del proyecto de Rehabilitación de las PTAR Norte y Sur por los \$180 mdp, es decir, no se daría una respuesta integral a la rehabilitación y modernización de los sistemas de tratamiento en las plantas, razón por la cual no se considera viable esta alternativa presupuestal.

ALTERNATIVA 3.-

PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA A LARGO PLAZO

Después de haber identificado y mostrado las implicaciones y posibles consecuencias de las alternativas presupuestales señaladas anteriormente, a continuación se analizan las características del desarrollo del proyecto bajo el esquema que permite la legislación local en materia de inversión pública a largo plazo, así como sus alcances para las finanzas del Organismo.

El Proyecto de rehabilitación de las PTAR Norte y Sur contempla un programa de obra inicial por un monto de \$180 mdp, a ejecutarse durante un periodo de 10 meses aproximadamente.

En el esquema de un proyecto de inversión pública a largo plazo, se plantea un periodo de financiamiento de 10 años. Así mismo se contempla que la inversión inicial será financiada por el empresario inversionista con componente de deuda, con un costo financiero preliminar de TIIE + 4 puntos (12.11%)

La proyección financiera y el perfil de pagos que compromete el Organismo en el componente de financiamiento de la inversión inicial en el esquema de inversión pública a largo plazo, tomando en cuenta los factores anteriormente referidos se expresan en el siguiente cuadro:

Monto del crédito:		\$180,000,000.00	
Tasa de interés (anual):		12.11%	
Número de pagos (mensuales):		120	
Pago (mensual):		\$2,593,936.08	

Año	Pago Interés	Pago Capital	Total
1	\$21,262,368.13	\$9,864,864.79	\$31,127,232.92
2	\$19,999,143.80	\$11,128,089.12	\$31,127,232.92
3	\$18,574,159.96	\$12,553,072.96	\$31,127,232.92
4	\$16,966,702.84	\$14,160,530.08	\$31,127,232.92
5	\$15,153,406.21	\$15,973,826.72	\$31,127,232.92
6	\$13,107,911.72	\$18,019,321.20	\$31,127,232.92
7	\$10,800,485.78	\$20,326,747.14	\$31,127,232.92
8	\$8,197,587.31	\$22,929,645.62	\$31,127,232.92
9	\$5,261,380.19	\$25,865,852.73	\$31,127,232.92
10	\$1,949,183.30	\$29,178,049.62	\$31,127,232.92
TOTAL	\$131,272,329.25	\$180,000,000.00	\$311,272,329.25

Además el proyecto considera la administración, operación y mantenimiento de las PTAR Norte y Sur, durante los 10 años previstos en el contrato de servicios a largo plazo; conceptos a los que se programa aplicar \$719.0 mdp a precios 2018 durante la vida del proyecto; esto en términos de la Ley de Proyectos de

Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua, los que nos da los primeros 5 años con el caudal actual un promedio de \$68.1 mdp anuales, equivalentes al 88.55% de lo que se provee erogar al cierre de este ejercicio 2018; mismos costos que se actualizarán con el promedio del INPC de los rubros de EE, SM, PQ, TRANSP y SEG.

Considerando de manera integral tanto el requerimiento de flujo por el financiamiento de la inversión inicial como la obligación presupuestal para los componentes de mantenimiento y operación, la proyección financiera de las erogaciones plurianuales que contempla el proyecto se relacionan en el siguiente cuadro, enunciado a precios del ejercicio 2018 en términos de la Ley.

Total de Pagos Plurianuales (precios 2018)			
Año	Inversión Inicial sin Financiamiento	Mantenimiento, Operación y Administración	Total
1	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
2	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
3	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
4	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
5	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
6	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
7	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
8	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
9	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
10	\$18,000,000.00	\$75,000,000.00	\$93,000,000.00
TOTAL	\$180,000,000.00	\$750,000,000.00	\$930,000,000.00

Ahora bien, para poder dimensionar el impacto que tendrá en el presupuesto de Egresos, los pagos anuales del proyecto, se realizaron proyecciones financieras a base de supuestos conservadores y conforme a las tendencias históricas, incremento a la tarifa eléctrica y el INPC durante el periodo del 2019 al 2028.

Considerando que la implementación del proyecto propiciara ahorros por operación y mantenimiento, esto impactara en el gasto corriente y de inversión. En consecuencia la alternativa del Proyecto de Inversión Pública a Largo Plazo es la que se pondera como la más conveniente para instrumentar el proyecto del Rehabilitación de las PTAR Norte y Sur.

Millones de \$	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	TOTAL
Inversión (estimada)	34.1	31.6	33.7	35.7	37.9	40.1	17.0	18.0	18.1	20.3
Gastos de operación mantenimiento (T-2 Y T-3)	81.5	86.4	91.6	97.1	102.8	108.1	115.6	122.6	128.9	137.7
TOTAL DESGASTOS ESTIMADOS	115.6	118.0	125.3	132.8	140.7	148.2	132.6	140.6	147.0	158.0
T-1 Inversión	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1
T-2 Gastos Fijos Operación	32.6	34.3	36.0	38.0	40.0	45.7	48.0	50.4	52.8	55.4
T-3 Gastos Variables de operación	34.8	36.7	38.5	40.7	42.8	48.0	51.4	53.9	56.6	59.4
TOTAL DESGASTOS OPERACION	68.5	72.1	75.6	79.8	83.9	93.8	100.5	105.4	110.0	115.9
Credito Bancario Directo	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3
Gastos de operación mantenimiento (T-2 Y T-3)	81.5	86.4	91.5	97.1	102.8	108.1	115.6	122.6	128.9	137.7
TOTAL DESGASTOS VS. CREDITO	116.8	120.7	125.8	131.4	137.1	142.4	129.9	137.2	144.8	149.7
DIFERENCIA VS. PROYECTO	17.1	16.1	19.5	23.1	26.9	23.4	22	6.2	8.5	12.0
DIFERENCIA VS CREDITO BANCARIO DIRECTO	-0.2	-2.5	-0.8	1.4	3.6	5.8	-17.3	-16.8	-18.2	-14.0

DIRECTRICES ESTABLECIDAS EN EL PRESUPUESTO DE EGRESOS DEL EJERCICIO FISCAL QUE CORRESPONDA-

De conformidad con el marco jurídico vigente, el organismo como órgano político administrativo, cuenta con autonomía y libertad para el manejo de su hacienda, la cual se integra entre otros conceptos, por los ingresos propios así como por aquellos ingresos extraordinarios que se determinen o bien deriven de programas federales o estatales.

El presupuesto de Egresos del Organismo, busca la congruencia entre el nivel del gasto y la suma de los ingresos que se pretenden en cada periodo, ello bajo la premisa de alcanzar el mayor número de satisfactores sociales para la población de la ciudad al tener como principal objetivo la administración eficiente de los recursos que integran la hacienda del Organismo.

En congruencia con lo expuesto, las políticas de gasto que sustentan el Presupuesto de Egresos del Organismo son las siguientes:

1. Equilibrio financiero, en este contexto el gasto público estará ajustado a los recursos previstos en la Ley de Ingresos del Organismo del ejercicio fiscal correspondiente
2. Es prioridad sustentar el gasto de operatividad de los servicios públicos que se brinda a los Chihuahuenses.
3. Mantener el gasto de operación dentro de los parámetros de control, austeridad y disciplina buscando una reducción al mismo, que genere economías que puedan ser destinadas al gasto prioritario.
4. Se plantea esfuerzos en infraestructura que generen desarrollo económico, que otorgue beneficios reales y tangibles a la comunidad.
5. Los ingresos por la venta del agua tratada pueden sufragar hasta el 50% de los costos del tratamiento.
6. El reúso del agua libera agua de primer uso para el suministro de agua a la población. Un reúso de 300 l/s equivale a la demanda de agua de 86,000 habitantes, si el reúso se amplía a 500 l/s la población equivalente sería de 140,000 habitantes.

habitantes, si el reúso se amplía a 500 l/s la población equivalente sería de 140,000 habitantes.

7. La limitada capacidad financiera del Organismo impide ejecutar el proyecto en un período de tiempo razonable.
8. La concesión a una empresa privada (o consorcio de empresas) permite alcanzar los beneficios de la rehabilitación en un plazo no mayor a dos años.

Por lo anteriormente expuesto es que se determina por parte de la Tesorería del Organismo público descentralizado Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, que es factible emitir Suficiencia Presupuestal para llevar a cabo el Proyecto en comento.

Atentamente


C.P. ARTURO JÍMENEZ CÁRDENAS
TESORERO

Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua