

INFORME FINAL ANTEPROYECTO
REPORTE TÉCNICO

PTAR COMPLEJO INDUSTRIAL CHIHUAHUA



15 marzo 2023

EN COLABORACIÓN CON



COPARMEX[®]
CHIHUAHUA

CONTENIDO

PSI2, Simbiosis Industrial, Chihuahua Green City	01
Antecedente.	01
1 Reutilización de Agua Regenerada	02
1.1 Antecedentes	02
1.2 Complejo Industrial Chihuahua (CICH)	03
1.3 Marco Legal	04
1.4 Dimensión del Problema:	06
1.5 Oportunidad:	11
2 Escenario Base y Efectos Favorables	13
2.1 Flujo de Aguas Residual	13
2.2 La Emisión de CO2	13
3 Propuesta de Acción	13
3.1 Introducción	13
3.2 Propuesta	15
3.3 Reducción de huellas ambientales	19
3.4 Inversión	21
3.5 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	22
3.5.1 EVALUACIÓN FINANCIERA	23
3.5.2 ANEXOS	23
4 Recomendaciones y Conclusión	25
4.1 Recomendaciones	27
4.2 CONCLUSION	29
Bibliografía	31
Apendice	31



PSI2 SIMBIOSIS INDUSTRIAL, CHIHUAHUA GREEN CITY

ANTECEDENTE

Ante un modelo económico que ha favorecido el cambio climático, la Economía Circular ofrece un modelo que preserva la naturaleza y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. En la actualidad, China y Europa son los líderes mundiales en la transición hacia la circularidad. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), es otra iniciativa de que la situación no puede ni debe ser ignorada, propuesta por las Naciones Unidas, (2018). Las acciones de circularidad deben de incluir la sinergia de los sectores Social, Privado y Gobierno (SPG), en la búsqueda de alternativas a través de la Ciencia y Tecnología, como resultado se ha intensificado las inversiones en actividades de Economía Circular.



Tomando a la Unión Europea como referente, por formalizar políticas públicas y leyes que favorecen la adopción del nuevo modelo económico. Se instituye la oficina facilitadora "Chihuahua Green City", la cual se ha constituido en un ejemplo a nivel internacional, al gestionar exitosamente la colaboración de las Comisiones de Energía & Sustentabilidad y Medioambiente de COPARMEX y la Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Chihuahua. Se han planteado objetivos ambiciosos, para inducir al sector empresarial hacia una Economía Circular. En 2019 se fijó como el acercamiento a una Delegación de la Unión Europea en México, para emprender una colaboración estrecha. Consolidando la relación a través de diversas actividades, que se han desarrollaron desde el contacto inicial, obteniendo beneficios como la concientización de actores clave en la ciudad de Chihuahua y la creación de un Comité Ejecutivo.

La oficina facilitadora Chihuahua Green City es un facilitador, que coordina los esfuerzos, ofrece la estimación de los impactos tecnológicos, económicos, sociales y medioambientales. Una de las claves fundamentales del éxito alcanzado, es la confianza depositada por los representantes de las empresas participantes. Permitido el desarrollo de escenarios para la colaboración innovadora, donde dos o más entidades intercambian información de sus materiales residuales, con el objetivo de propiciar un beneficio mutuo.

Actualmente la oficina facilitadora Chihuahua Green City identifica, al Complejo Industrial Chihuahua con 167 empresas instaladas, el potencial de proyectos simbióticos. Del análisis en grado de prefactibilidad, las oportunidades detectadas, en el proyecto Piloto se desarrollaron 7 Paquetes de Simbiosis Industrial (PSI):

- PSI1: Reciclaje de plástico
- PSI2: Reutilización de agua regenerada en procesos industriales
- PSI3: Bioeconomía y Bioenergía
- PSI4: Gestor energético compartido
- PSI5: Valoración de neumáticos fuera de uso
- PSI6: Residuos electrónicos
- PSI7: Revalorización de materiales de construcción

A continuación, se presenta el Paquete de Simbiosis Industrial: Reutilización de Agua Regenerada en Procesos Industriales (PSI2)

1. REUTILIZACIÓN DE AGUA REGENERADA

1.1 ANTECEDENTES

El desarrollo de la sociedad está íntimamente relacionado con la disponibilidad de agua, la evolución de la tecnología permite, la extracción y traslado de este recurso para su disposición. Actualmente, su disponibilidad ha mermado sufriendo el desabasto en diversas ciudades, pasando hoy a ser un problema nacional.

- La solución no es instalar más tanques de almacenamiento. La respuesta
- está en: el uso, regeneración y recuperación eficiente de agua, aplicado tecnología e inversión económica, acompañado del cambio de prácticas y mentalidad social e industrial. Por supuesto ubicar y reparar las fugas, en las
- poblaciones y líneas de distribución. En el campo, canalizar y aún mejor entubar le agua para riego reducir, para evitar la filtración al suelo y
- evaporación a la atmósfera del recurso.

El desarrollo de la sociedad está íntimamente relacionado con la disponibilidad de agua, la evolución de la tecnología permite, la extracción y traslado de este recurso para su disposición. Actualmente, su disponibilidad ha mermado sufriendo el desabasto en diversas ciudades, pasando hoy a ser un problema nacional.

- La solución no es instalar más tanques de almacenamiento. La respuesta
- está en: el uso, regeneración y recuperación eficiente de agua, aplicado tecnología e inversión económica, acompañado del cambio de prácticas y mentalidad social e industrial. Por supuesto ubicar y reparar las fugas, en las
- poblaciones y líneas de distribución. En el campo, canalizar y aún mejor entubar el agua para riego reducir, para evitar la filtración al suelo y
- evaporación a la atmósfera del recurso.

En el estado de Chihuahua se tienen identificados 61 acuíferos subterráneos principales; 11 de ellos presentan algún grado de sobreexplotación, y 5 en condición severa. En particular el 99% del agua potable, que recibe la ciudad de Chihuahua, proviene de tres fuentes de aguas subterráneas: el acuífero Chihuahua-Sacramento, el acuífero Sauz-Encinillas y el acuífero Tabalaopa-Aldama [REDACTED] los dos primeros presentan déficit o desbalance hidrológico (Herrera, 2016). Es pertinente señalar que el acuífero Chihuahua-Sacramento, el cual aporta el mayor volumen de agua potable, se encuentra entre los cinco sobreexplotado en condición severa.

- Ante lo anterior no es de extrañar que, el Instituto de Planificación Integral Comunitario de Chihuahua (IMPLAN), dadas las condiciones hídricas de la región, identifica el tema del agua como el de mayor importancia para la comunidad. Sin embargo, actualmente la disponibilidad de este recurso, es una problemática de carácter nacional.

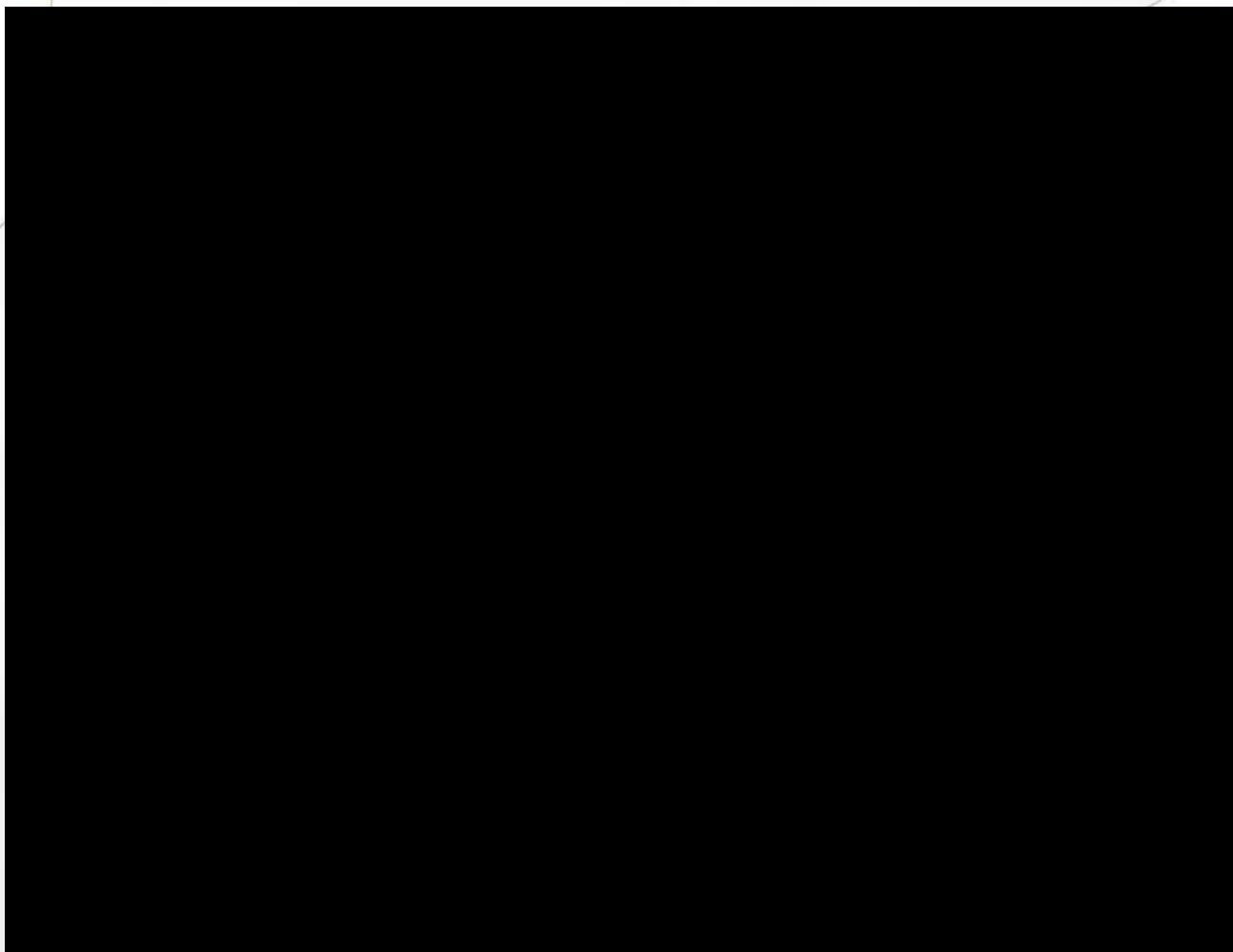
El 1% del recurso hídrico restante, proviene de las presas: El Rejón, Chuiscar y Chihuahua.

1.2 COMPLEJO INDUSTRIAL CHIHUAHUA (CICH)

El Complejo Industrial Chihuahua (CICH), se conforma por 165 empresas. Los procesos industriales, generalmente involucran el consumo de grandes cantidades de agua. No obstante, algunos de ellos pueden realizarse con agua tratada.

La tabla 1, presentan los consumos de 10 empresas (CICH), por tanto, el potencial de agua a regenerar para su reutilización. Estas empresas, muestran interés en participar en el proyecto, para la instalación y operación de una planta tratadora de aguas residuales (PTAR) de uso compartido

Tabla 1. Consumo de agua de 10 empresas del CICH, con potencial para la reutilización de agua regenerada.



1.3 MARCO LEGAL

La aplicación de la tecnología al tratamiento de las aguas residuales, es consecuencia del desarrollo de la civilización humana caracterizada por el aumento de la densidad demográfica y la expansión industrial. Se implementan con el propósito de reducir la contaminación (física; química; bioquímica; biológica y radioactiva), de los cursos y cuerpos de agua receptores. Específicamente, si los residuos muestran ser altamente tóxicos, se recomienda realizar su tratamiento en su fuente de producción antes de verter al drenaje.

En este sentido en el marco legal, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2001 por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT). Establece los límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, a fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

1.4 DIMENSIÓN DEL PROBLEMA

potable provenientes de 16 pozos concesionados por Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de acuerdo con datos proporcionados por Promotora de Desarrollo Económico de Chihuahua (PRODECH), la cual es usada para diferentes actividades económicas desarrolladas dentro del CICH. La mayor parte de este uso del agua se convierte en agua residual, después de pasar por los procesos industriales. Es importante destacar que en la ciudad de Chihuahua existen 12 parques industriales los cuales consumen al igual que la CICH importantes cantidad de este vital líquido con resultados que arrojan una sobre explotación de pozos. Estos datos deben de ser interpretados como una señal de alerta e implementar acciones que ayuden proteger este recurso estratégico e incrementar la competitividad y operación de plantas industriales, a través del uso, regeneración y recuperación eficiente de agua, aplicado tecnología e inversión en infraestructura, acompañado de la adopción de buenas prácticas al interior de las industrias.

- Se escogieron las 10 empresas con mayores consumos de agua de todo CICH para este proyecto. De las 10 empresas que se analizaron solo el
- 20% cuentan con una PTAR para el tratamiento de sus aguas residuales y de estas dos empresas solo una tiene sub-dimensionada su PTAR y el resto de las empresas no cuentan con espacio suficiente dentro de sus instalaciones para instalar una PTAR propia. Cuando la PTAR está sub-dimensionada, o no cuentan con la capacidad suficiente para poder
- tratar toda el agua utilizada, se presentan dificultades y un costo por saneamiento del excedente contaminante para la prevención de la contaminación y control de descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal, como lo muestra en la tabla 2.

En otras palabras, el Gobierno del Estado de Chihuahua, a través de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS), sancionan las cargas excedentes a los límites máximos permisibles establecidos en el Marco Legal de la Junta Central de Agua y Saneamiento (JCAS) y de la CONAGUA, generando una regulación tributaria para aquellas entidades que no cumplen con los límites implementados por el Marco Legal.

La vigilancia del cumplimiento de esta NOM corresponde a los gobiernos de los Estados, Municipios y CDMX, en el ámbito de sus respectivas atribuciones. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

La Ley de Agua del Estado de Chihuahua tienen por objetivo regular en el ámbito de sus competencias, la participación de las autoridades estatales/municipales y sectores privado y social.

- La Ley regula su objeto a través de las siguientes disposiciones, entre otras:
 - A) la planeación; administración; manejo y conservación del recurso agua;
 - B) la ejecución de proyectos y obras relacionadas con los recursos hídricos en el marco del desarrollo sustentable del Estado, y C) las sanciones e infracciones en que incurran los usuarios que regula esta Ley.
- Adicionalmente, se establece que las aguas residuales que contengan sustancias tóxicas, o cualquier otro tipo de carga contaminante arriba de los parámetros permisibles deberán ser tratadas antes de ser vertidas a las redes o cauces de jurisdicción estatal. El organismo operador determinará
- el pago de derechos, por los excedentes en volumen o contaminantes contenidos, en las descargas que se hayan vertido a la red de alcantarillado.

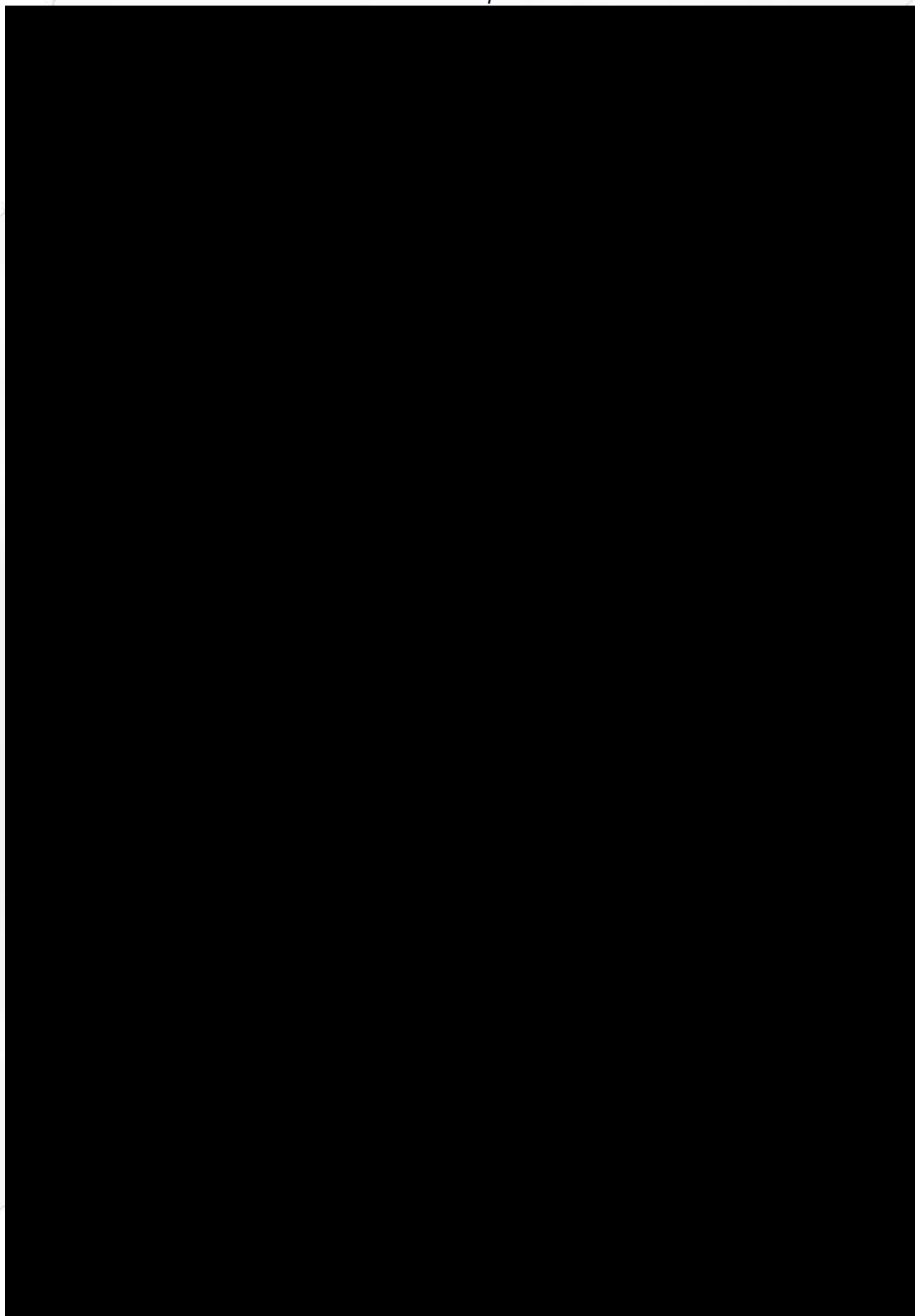
Finalmente, de acuerdo con la Fundación Ellen MacArthur, la economía circular se basa en tres principios, todos impulsados por el diseño:

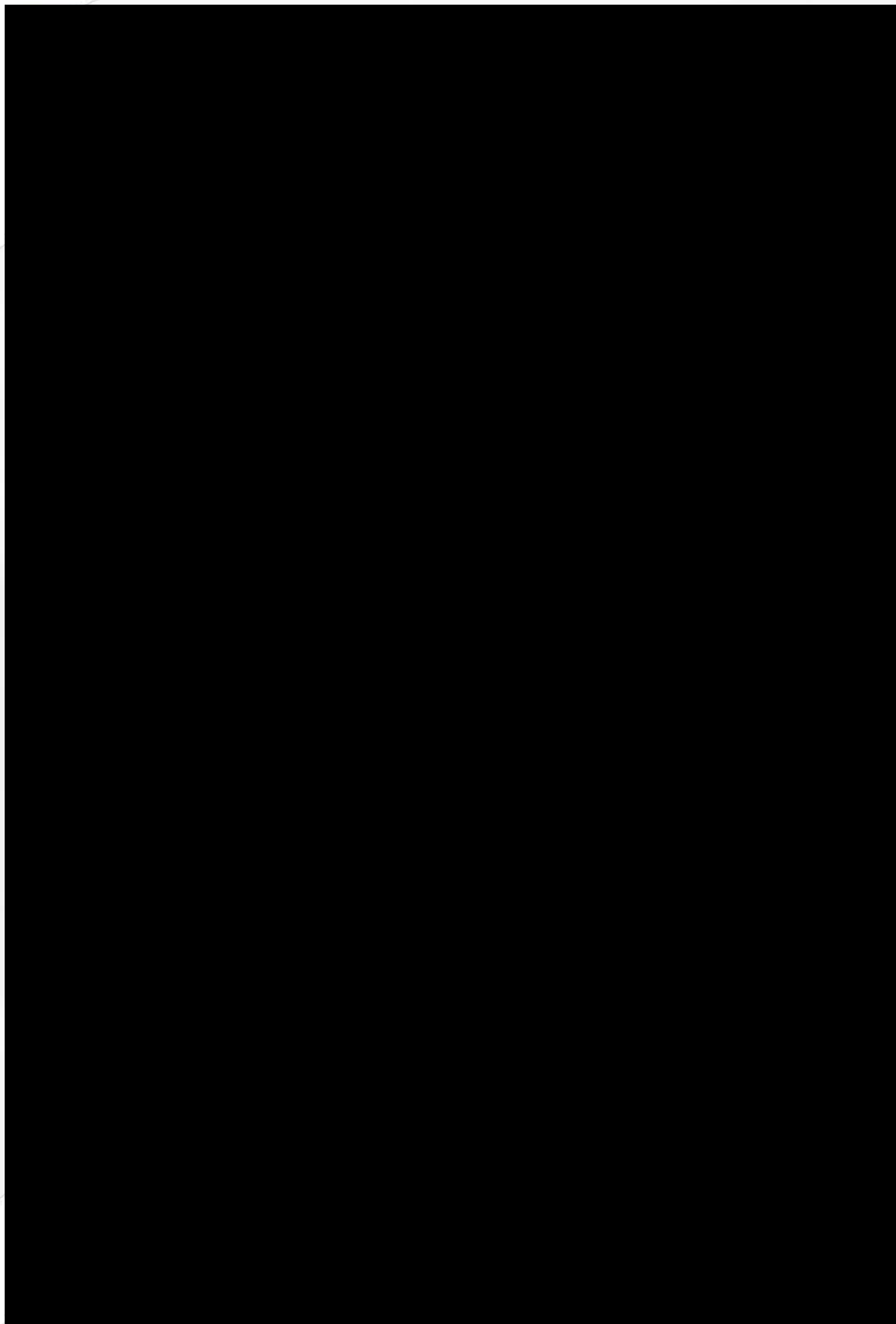
1. Eliminar los residuos y la contaminación;
2. Circular los productos y materiales (en su valor más alto) y
3. Regenerar la naturaleza.

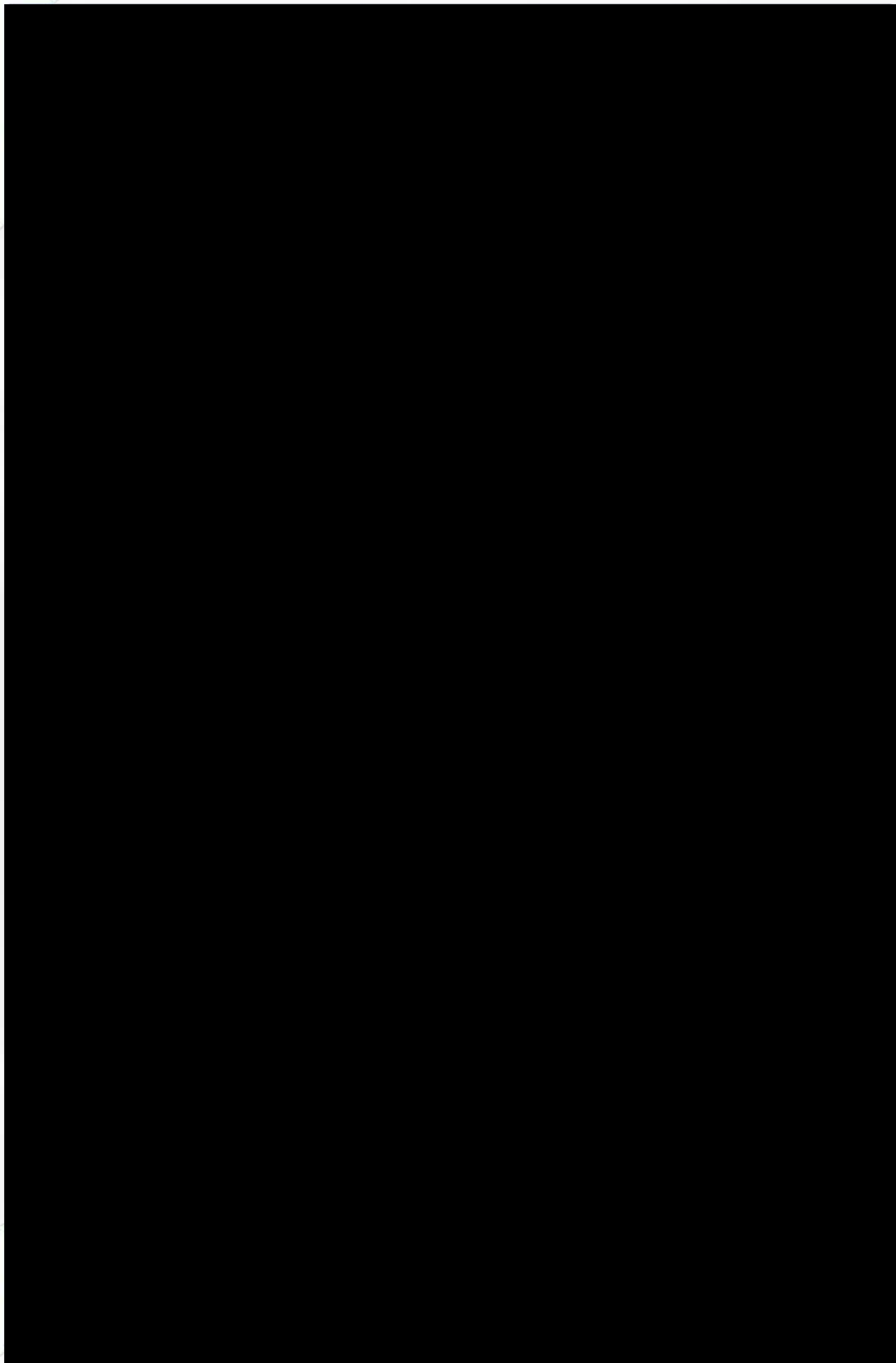
Se pueden identificar oportunidades de integrar, asociado estos principios, un modelo "Close The Loop" en el proceso que permita la reducción de residuos. A través de la reintegración de materiales recuperados, al mismo proceso o direccionarlo a otros procesos, para su uso como materias primas.

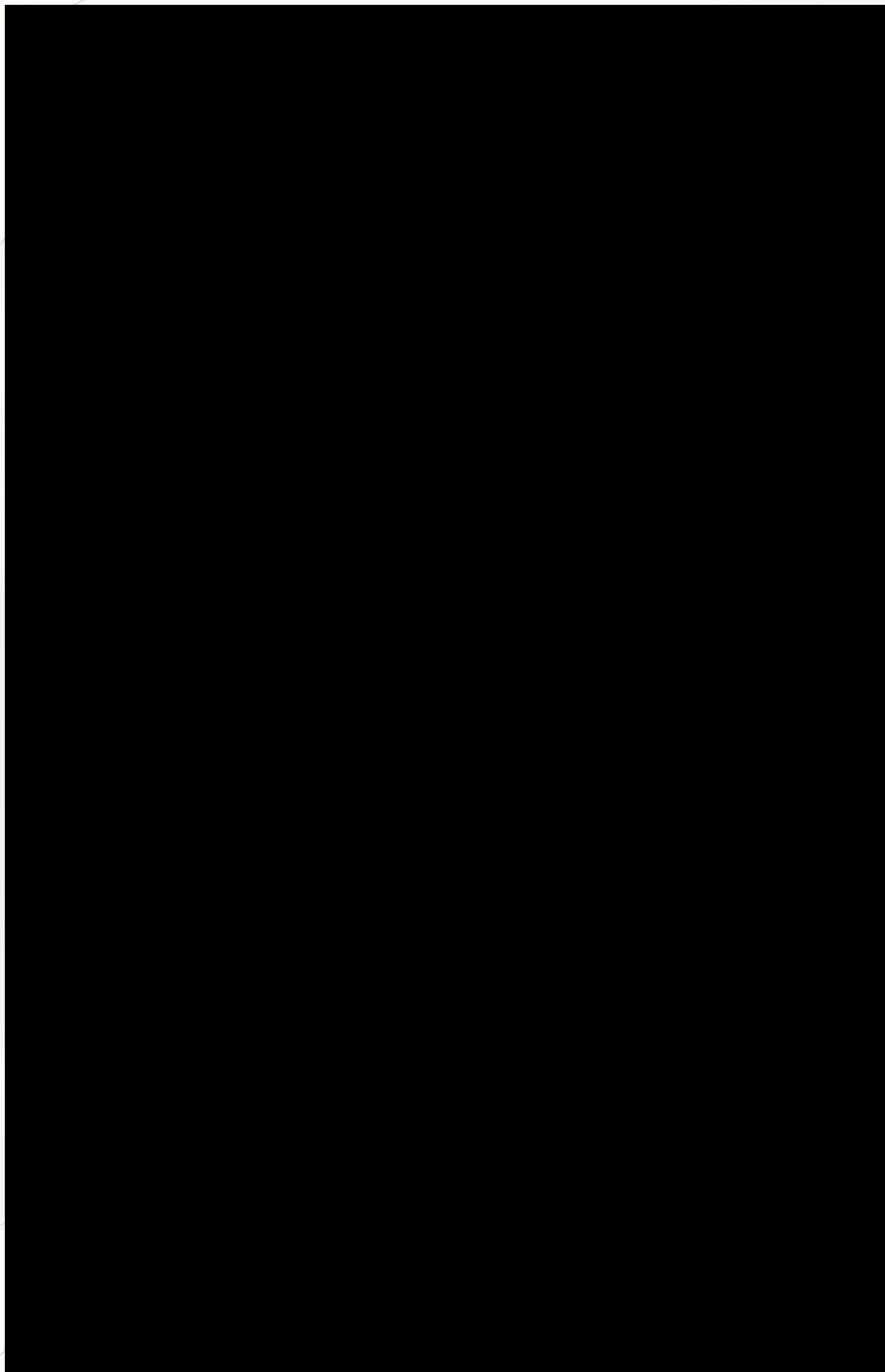
Una planta tratadora de aguas residuales (PTAR), de uso compartido, propiciará un modelo "Close The Loop". Al regenerar el agua contaminada, que se colectará en un circuito interno del CICH, para retornar el recurso hídrico a quienes lo puedan integrar a sus procesos industriales. Esta acción es un paso concreto a la economía circular.

Tabla 2. Valores de Índice de incumplimiento del Plan Tarifario JMAS









1.5 OPORTUNIDAD

Ante la amenaza, de las nuevas condiciones y limitaciones de la disponibilidad y uso del agua, para las operaciones en los procesos industriales. Se identifica la oportunidad para la instalación de una planta tratadora de agua (PTAR), con tratamientos secundaria y terciaria, para el uso compartido del agua regenerada entre 9 de las 10 industrias del CICH (Tabla 1). Por consecuencia

Ambiental:

- Se reduce la demanda de flujo de agua, de la red municipal, a procesos que admitan el uso de agua tratada. Esto ofrece reducir la sobre explotación de los acuíferos, propiciando el cuidado a este recurso estratégico.

- Es importante comentar que al instalar una PTAR para uso compartido en el CICH, el proyecto estará alineando con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) No. 6 de la agenda 2030: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, en el cual señala que las empresas, deben de gestionar de forma sostenible los recursos hídricos en la creación de sus productos y servicios.

Legal:

- Cancelación de cobros por saneamiento, por descargas fuera de norma. Es importante mencionar que, dependiendo de la industria y o procesos, el agua regenerada se podrá utilizar total o parcialmente. Así como empresas que, por su naturaleza, no admitan su uso fuera de sanitarios y jardines, de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana [REDACTED] como en el caso de empresas cárnicas. Tal es el caso de American Beef. No obstante, al ser una empresa que utiliza una gran cantidad de agua en sus procesos [REDACTED], está obligada a realizar el tratamiento de sus aguas residuales. Esta agua tratada se une al circuito del CICH, para ser utilizada por otras empresas. La PTAR de uso compartido apoyará al 70% de las
- empresas (Tabla 1), que en sus criterios Ambiente, Social y Gobernanza (ASG), establecieron dentro de las metas lograr la reutilización del agua tratada para sus procesos antes del 2030 y a más tardar en el 2050.

Operación (Close The Loop):

- Control de la calidad del agua, conforme a los procesos, y reducción de costos y/o operaciones internas. Tratamiento del agua residual, próximo
- al CICH de las empresas que no cuentan con una PTAR, para su disponibilidad en el mismo complejo. Las empresas que ya cuentan con
- PTAR sub-dimensionada, realizarán el balance adecuado, logrando obtener la calidad de agua tratada para sus procesos internos. El flujo excedente, causa de pago por descargas fuera de norma, serán captados por la PTAR de uso compartido. Reintegrando al CICH, el recurso hídrico para su aplicación.

Una planta tratadora de aguas residuales (PTAR) de uso compartido permitirá la implementación de un modelo “Close The Loop”, al regenerar el agua contaminada que se colectará en un circuito interno en del CICH, para retornar el recurso hídrico a quienes lo puedan integrar a sus procesos. Apoyando los tres principios de la Economía Circular, i) Eliminar los residuos y la contaminación; ii) Circular los productos y materiales y iii) Regenerar la naturaleza.

Esta acción inherentemente aumenta la competitividad de las industrias y la ciudad, en correlación con los proyectos que apoya al Plan Estatal de Desarrollo Chihuahua 2022-2027 en la gestión integral del agua.

2 ESCENARIO BASE Y EFECTOS FAVORABLES

2.1 FLUJO DE AGUAS RESIDUAL

Reconocer el escenario base, ante la propuesta de acciones y cambios a un proceso, es básico para la predicción y cuantificación que los cambios que se ofrecen. Se deben reconocer sus entradas y salidas (materia-energía), lo que ayuda a identificar la importancia de la acción, ya sea por su valor económico, estratégico o cumplimiento de leyes, que en el caso de la propuesta serán las dos últimas.

Como parte de la construcción del escenario base, del consumo hídrico, de noviembre de 2022 a febrero de 2023, se determinó el caudal de agua residual instalados en el CICH. El resultado fue de 35 litros por segundo (3,024 m³/día), a partir de la medición del total de tomas de agua, en el complejo Industrial.

2.2 LA EMISIÓN DE CO₂

Para este consumo se determinó una emisión de [REDACTED] es decir, un aproximado de [REDACTED] mensuales emitidos por el uso del agua del CICH. Este cálculo se realizó tomando el Rango Alto del índice de gas de efecto invernadero para el uso del agua residencial en México (BID 2014), de [REDACTED]

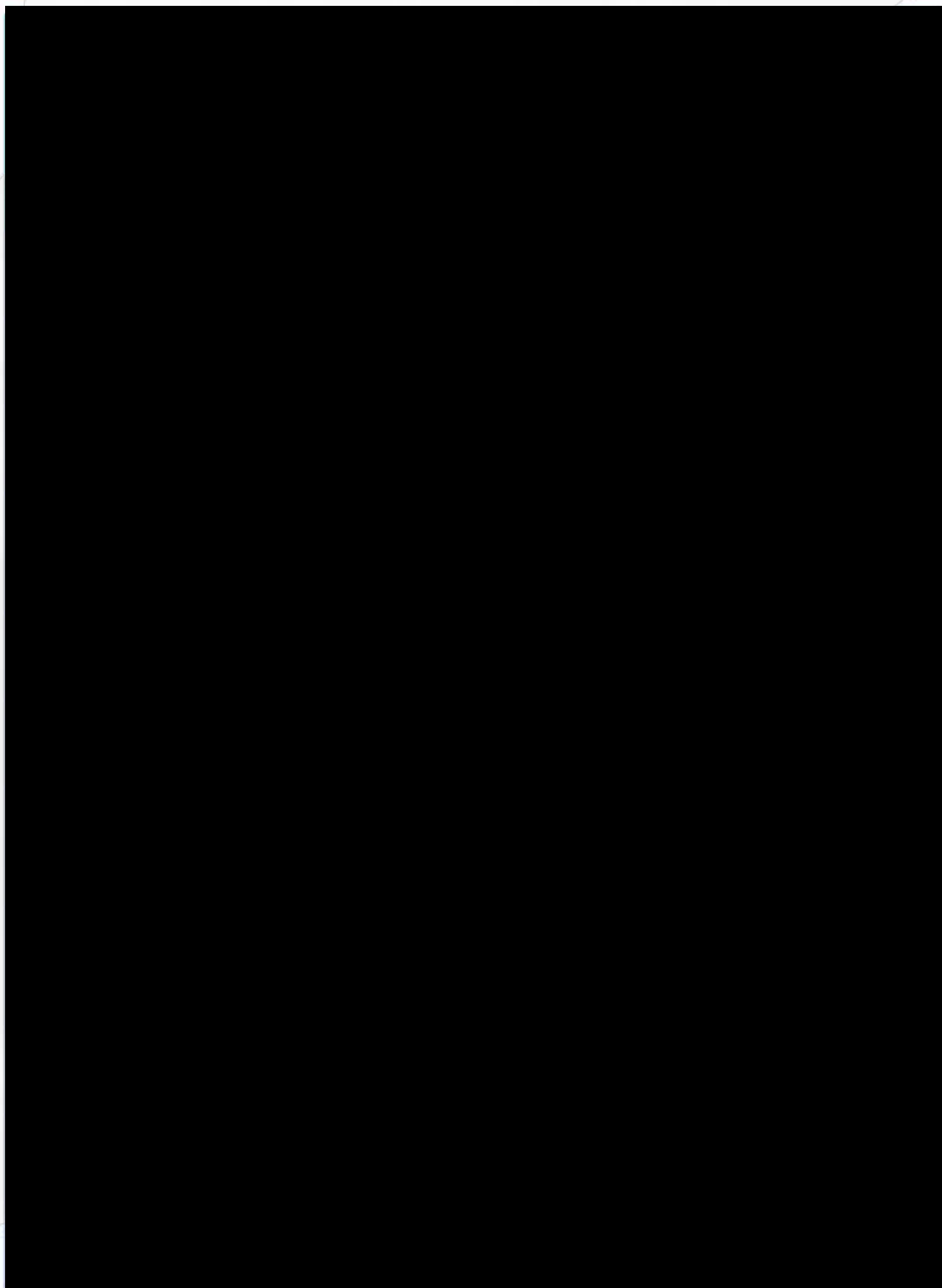
Este valor del escenario base está limitado al uso del agua sin considerar otras fuentes y sumideros de CO₂ presentes en los procesos de las industrias del CICH.

3 PROPUESTA DE ACCIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con información obtenida del afluente de una planta PTAR de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua (JMAS) que está en la ubicación: Nombre de Dios, 31150 de la ciudad de Chihuahua, próximo al CICH, la calidad esperada del agua de ingreso a la PTAR propuesta para el CICH se presenta en la tabla 3:

Tabla 3. Parámetros esperados del afluente a la PTAR



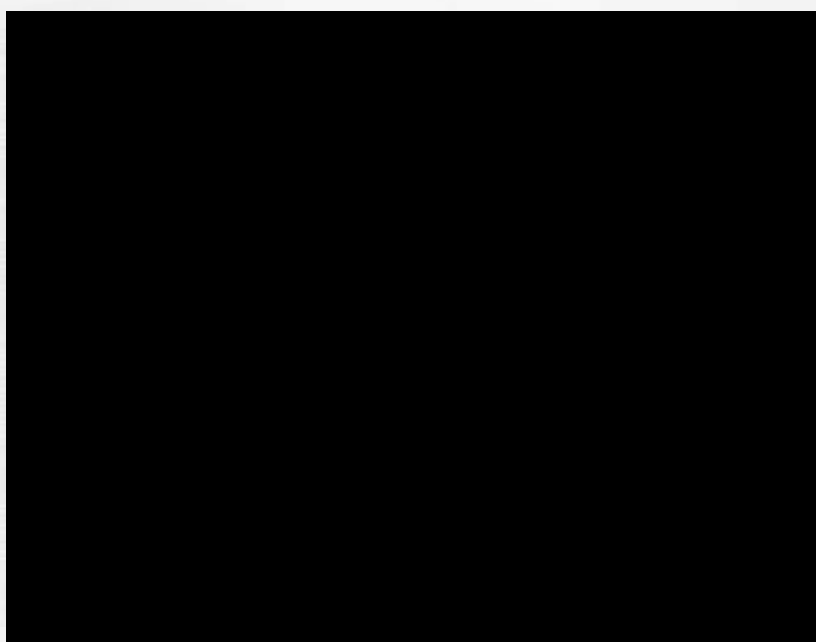
De acuerdo con las normas mexicanas:

- El límite máximo permisible de alcalinidad total en el agua, para uso y consumo humano es de 300 ppm [REDACTED]. El límite máximo
- permisible de dureza total es de 500 mg/litro, en aguas residuales tratadas, que se descargan en cuerpos de agua receptores [REDACTED].

3.2 PROPUESTA

Con el meta de proponer la mejor integración técnica del agua regenerada, en los procesos se espera una alcalinidad de 110 ppm y dureza de 5 ppm, estas características deseadas del agua regenerada se basan en los requerimientos de calidad del agua de las plantas 7 y 9 de SUPERIOR e INTERCERAMIC para la reutilización del agua en sistemas térmicos. Teniendo como calidad del agua producto PTAR lo siguiente:

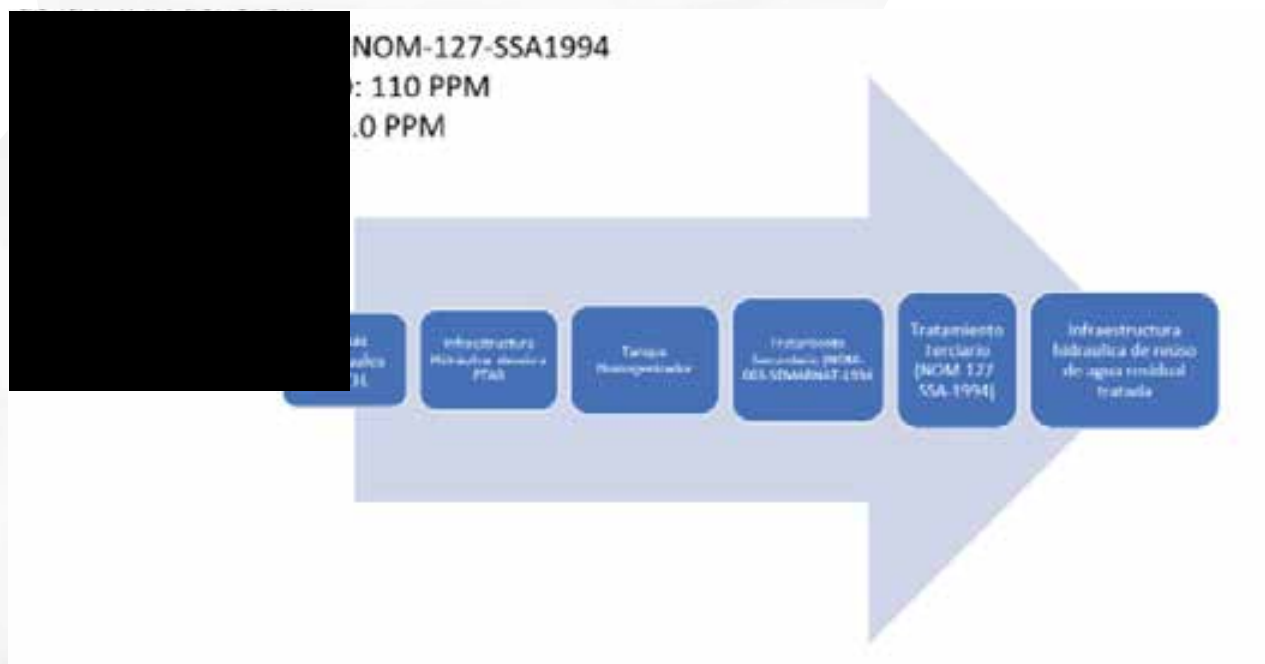
Tabla 4. Calidad del agua producto PTAR CICH



Después de establecidas las características del agua tratada y de reúso requerido, se definieron las siguientes bases para el Diseño, construcción y arranque de PTAR del CICH:

- Considerar un diseño de una PTAR con tratamiento terciario de flujo continuo para un flujo de agua de 35 litros/seg. (3,024 m³/día)
- Tratamiento de lodos para su disposición (espesado)
- Espacio disponible de 700m² (52mx13.5m).

En la figura 1 se presenta un diagrama de los elementos que conforman el diseño de la PTAR del CICH.



Como parte de la propuesta de acción se encontró, que:

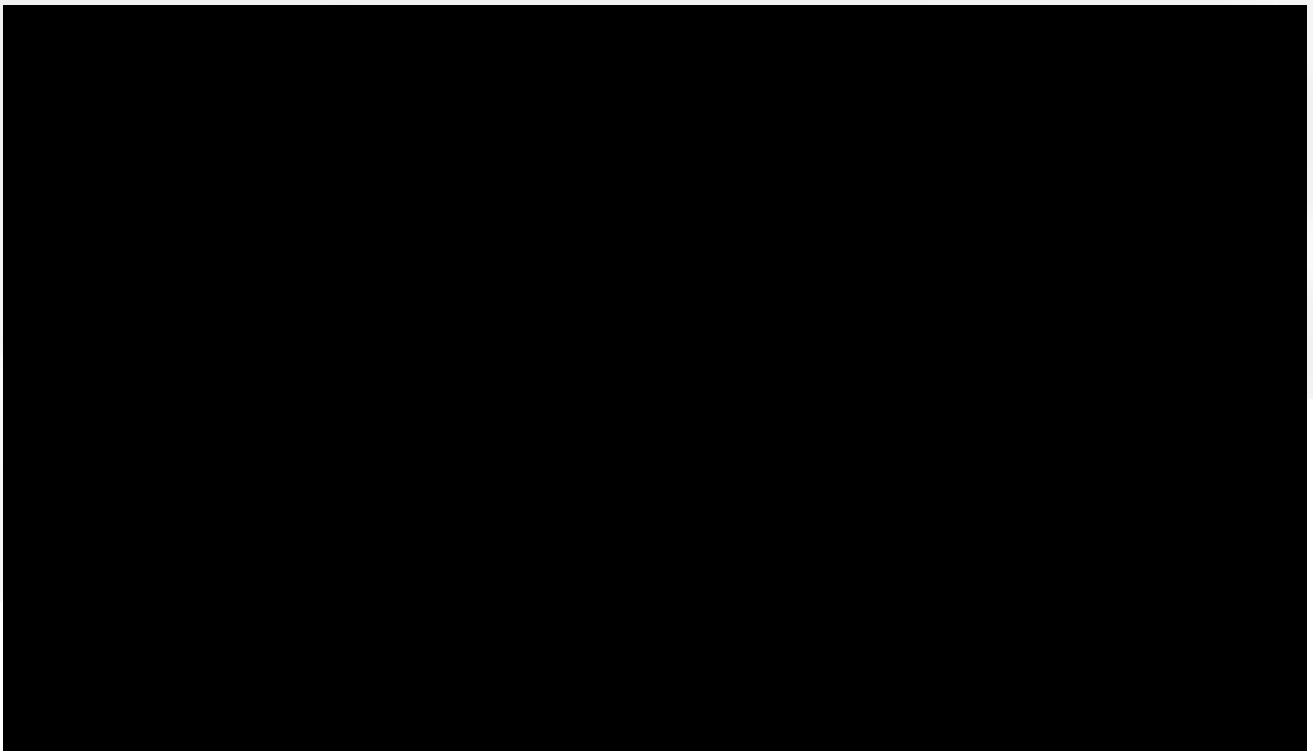
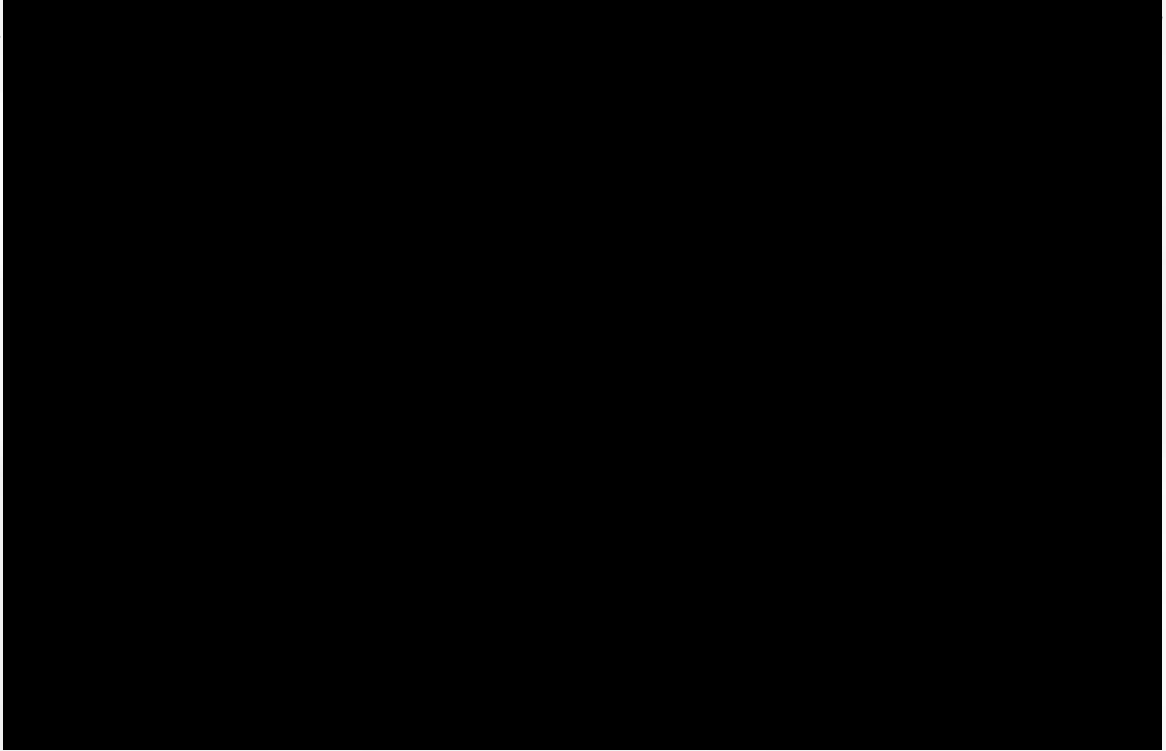
- La instalación de la planta requiere una superficie de entre 1,200 a 2,000 metros cuadrados. Los equipos de trabajo de PRODECH y Chihuahua Green City, concluyeron que la ubicación apropiada para instalar una planta tratadora era un terreno propiedad de la PRODECH fuera del CICH. La planta tratadora secundaria y terciaria, debe contar con las siguientes
- características generales: a) tanque reactor en tres modalidades (anóxica, aeróbica y desnitrificación), b) remoción de cloro (por filtros de carbón activado), c) ósmosis inversa (tratamiento terciario) además de eliminar olor y color del agua tratada. Es factible cambiar el uso actual de agua potable, o de primer uso en el proceso, por agua residual tratada suministrada por el propio complejo industrial (Promotora de la Industria Chihuahuense)
- Es necesario la identificación cualitativa y cuantitativa de contaminantes presentes en el agua residual para el monitoreo del sistema propuesto.
- Existe potencial en la optimización de costos en el manejo de agua de proceso y residual.

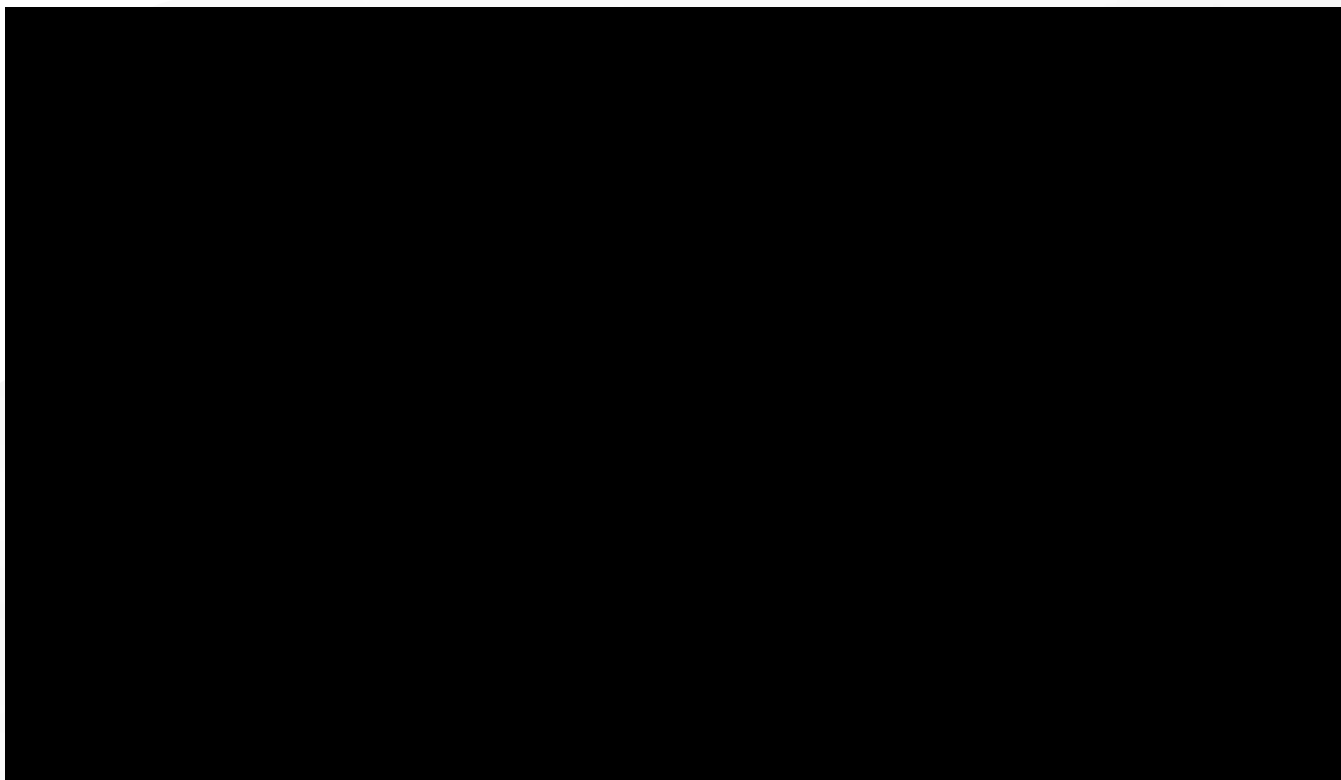
Una vez realizadas las visitas de campo, se identificaron 2 ubicaciones con potencial para la instalación de la PTAR en el CICH.

A) La primera ubicación es fuera del CICH y la segunda opción es en el pozo 6 dentro del CICH. con superficie de 12,200 m² ubicado en Ave Ferrocarril atrás de la Aduana (fig. 2 y 3).

B) La segunda ubicación se encuentra en el Tanque Elevado entre Ave Nogales y Tecnológico, con superficie de 6,800 m² ubicado en el pozo 6 del CICH (Fig. 4).

Fig 2.





Después de analizar las dos opciones, se determinó a la primera opción como más recomendable para la instalación de la PTAR, al destacarse por:

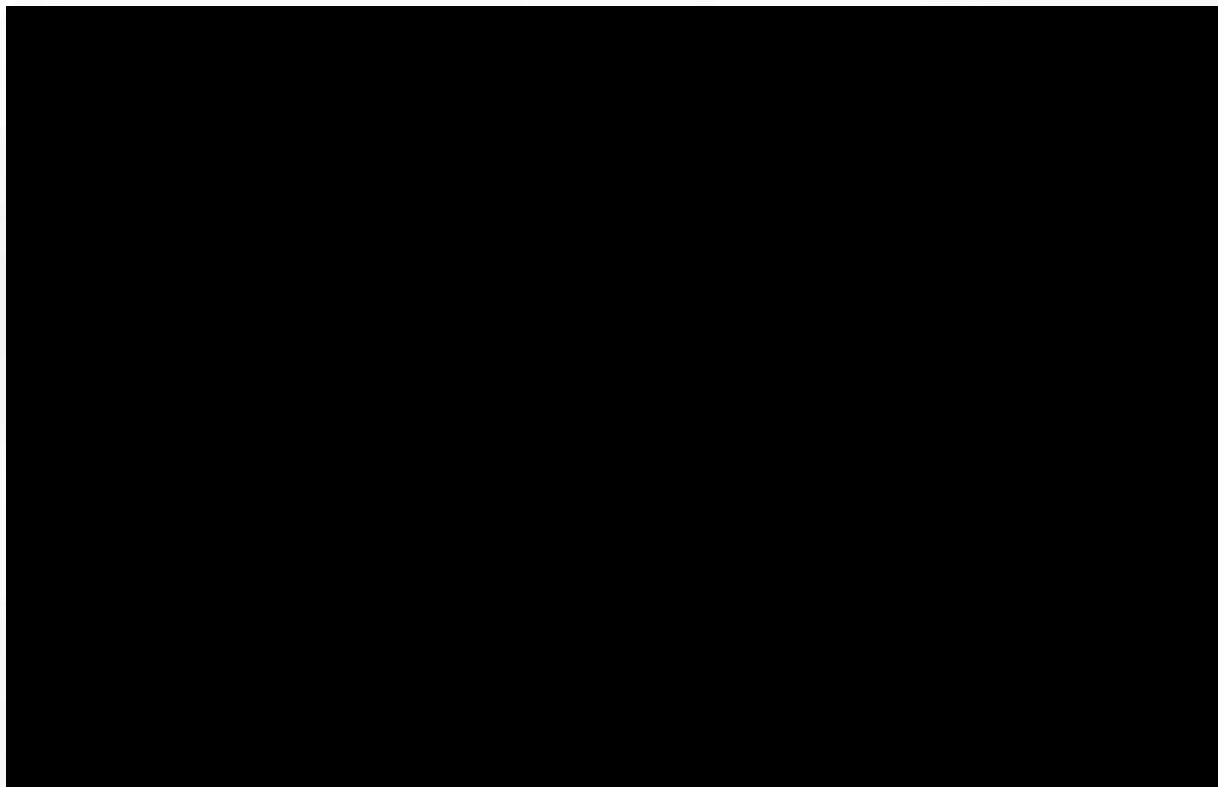
La alimentación de agua residual para la planta se encuentra a escasos metros del punto, minimizando la necesidad de realizar obras de conducción. Presentar una mejor accesibilidad.

Permitirá la expansión de la planta ante la integración de más empresas al sistema.

Finalmente, este excedente en espacio también, le dará oportunidad de instalación de paneles solares que reducirán su huella de carbono.

En la segunda ubicación, se determinó que no se recomienda la instalación de la PTAR, ya que ahí se opera una instalación para el suministro de agua potable y representa un punto de posible contaminación del agua potable por la proximidad de las tomas y descargas.

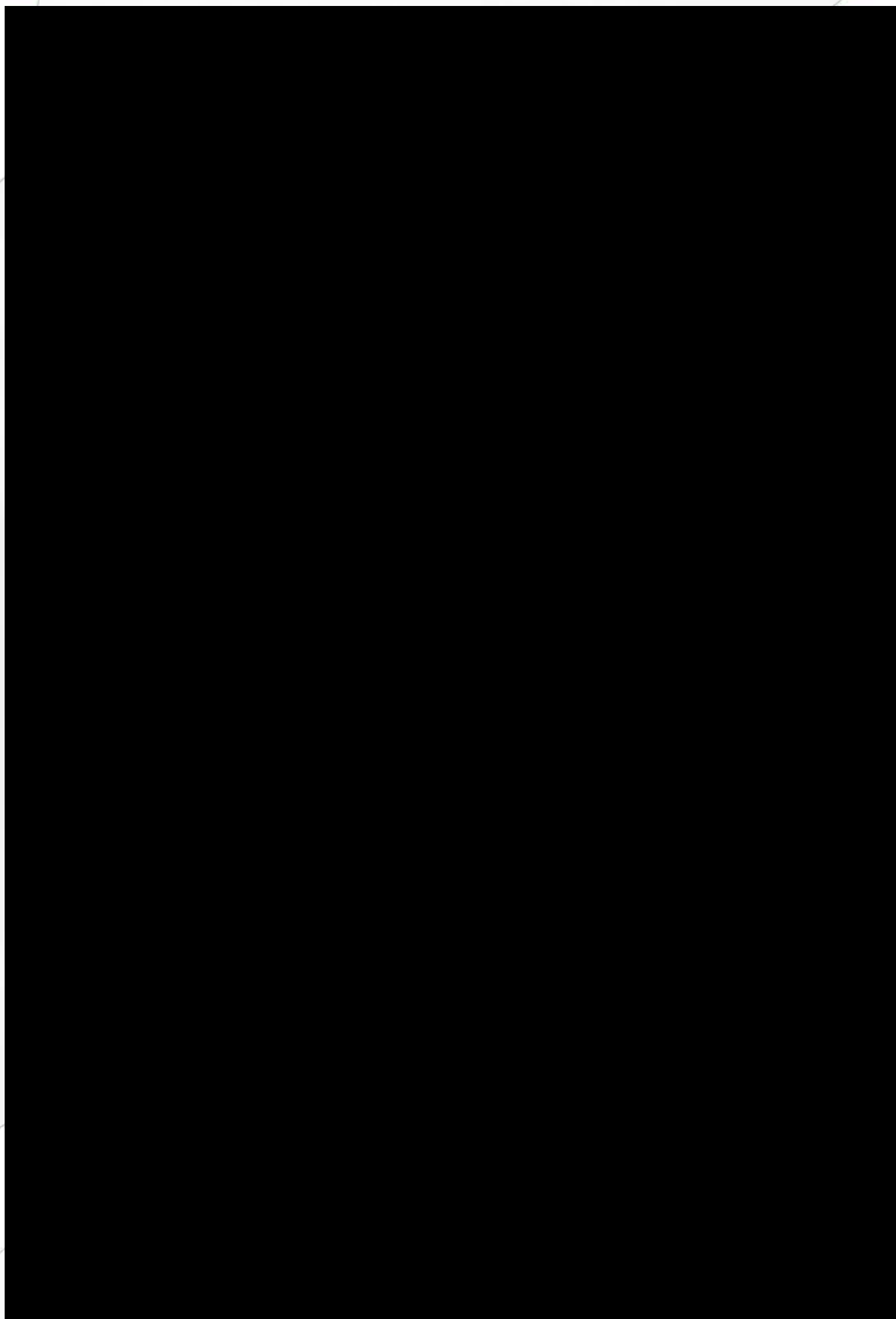
Adicionalmente, la figura 5, muestra una propuesta preliminar de líneas de “red morada”. Esta red ofrecerá la distribución del agua en el parque, partiendo del cárcamo de agua residual tratada en la PTAR propuesta, esta red se estiman con una longitud de 8.73 km.



3.3 REDUCCIÓN DE HUELLAS AMBIENTALES

Planteando esta oportunidad, se apoya a las empresas, a facilitar el cumplimiento de sus objetivos ESG (Enviromental, Social y Governance) y la implementación del primer Ecoparque en el CICH.

- Las empresas podrían estar utilizando agua residual en sus procesos. Una
- planta con capacidad de 35 lts/segundo, podría utilizarse para usar agua tratada en los procesos en el CICH, lo que lleva a reducir la huella hídrica de las industrias. De las 10 empresas participantes, solo se estaría utilizando el
- 60% del agua regenerada, tabla 5, por lo que se podría abastecer a los procesos de más empresas con el 40% restante. Lo que reducirá la huella hídrica de estos usuarios adicionales y disminuiría el costo por saneamiento del total empresas instaladas dentro del CICH, ya que el total de agua aguas residuales serian tratadas de manera eficiente en la PTAR la cual estaría circulando entre las mismas empresas de todo el complejo industrial. Se logra la descarbonización de aproximadamente 30 toneladas de CO₂eq mensuales, correspondientes al uso del agua potable de la red municipal (BID 2014)
- Una planta tratadora de aguas residuales (PTAR) de uso compartido hará un "Close The Loop", al regenerar el agua contaminada que se colectará en un circuito interno en del CICH, para retornar el recurso hídrico a quienes lo puedan integrar a sus procesos. Esta acción es un paso concreto a la economía circular.

Tabla 5. Efluentes PTAR CICH

Sin embargo, con base en las mediciones de campo del agua consumida en el CICH. Al considerar la emisión asociada al gasto eléctrico de la PTAR que es aproximadamente de 244,836 kWh mensuales, lo que equivale a 106 toneladas de CO₂eq mensuales de los requerimientos de electricidad de la PTAR, se identificó que no existe una descarbonización del tratamiento y uso del agua regenerada.

- Se determinó que existe una emisión neta de 76 toneladas de CO₂eq mensuales del tratamiento de las aguas residuales de los procesos del CICH. El cálculo anterior no contempla, la reducción del consumo eléctrico,
- reducción de la huella de carbono, al integrar en la planta un sistema de paneles solares en los techos de c/u de las empresas participantes (PSI4). Sin olvidar que en el sitio elegido para instalar la PTAR, dispone de espacio
- para la instalación de paneles fotovoltaicos, con la consecuente reducción de la huella de carbono, al inducir parte o total de la energía de operación.

Pero lo más importante, dado que el recurso hídrico es estratégico a la industria y vital a la sociedad:

- La preservación del recurso hídrico, al reducir parte de la sobre explotación de los pozos que abastecen la ciudad. Ofrecer un margen de operación a
- las empresas, ante la reducción en el suministro de agua, por efecto de sequía. Ahorros económicos en el precio del agua para las empresas ya que
- al momento de estar teniendo una planta tratadora en el mismo complejo donde se estará recirculando el agua sin salir del Complejo Industrial Chihuahua, se estaría eliminando el costo por saneamiento que establece la JMAS.

3.4 INVERSIÓN

Una vez que se ha elegido el proveedor del proyecto PTAR para el Complejo Industrial Chihuahua. Se procede a realizar el estudio financiero del proyecto, para determinar su viabilidad y sustentabilidad.

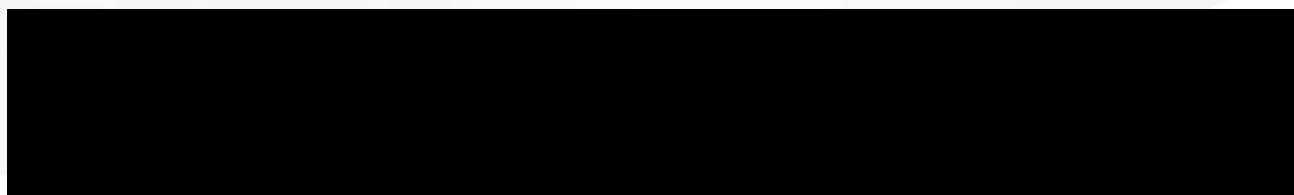
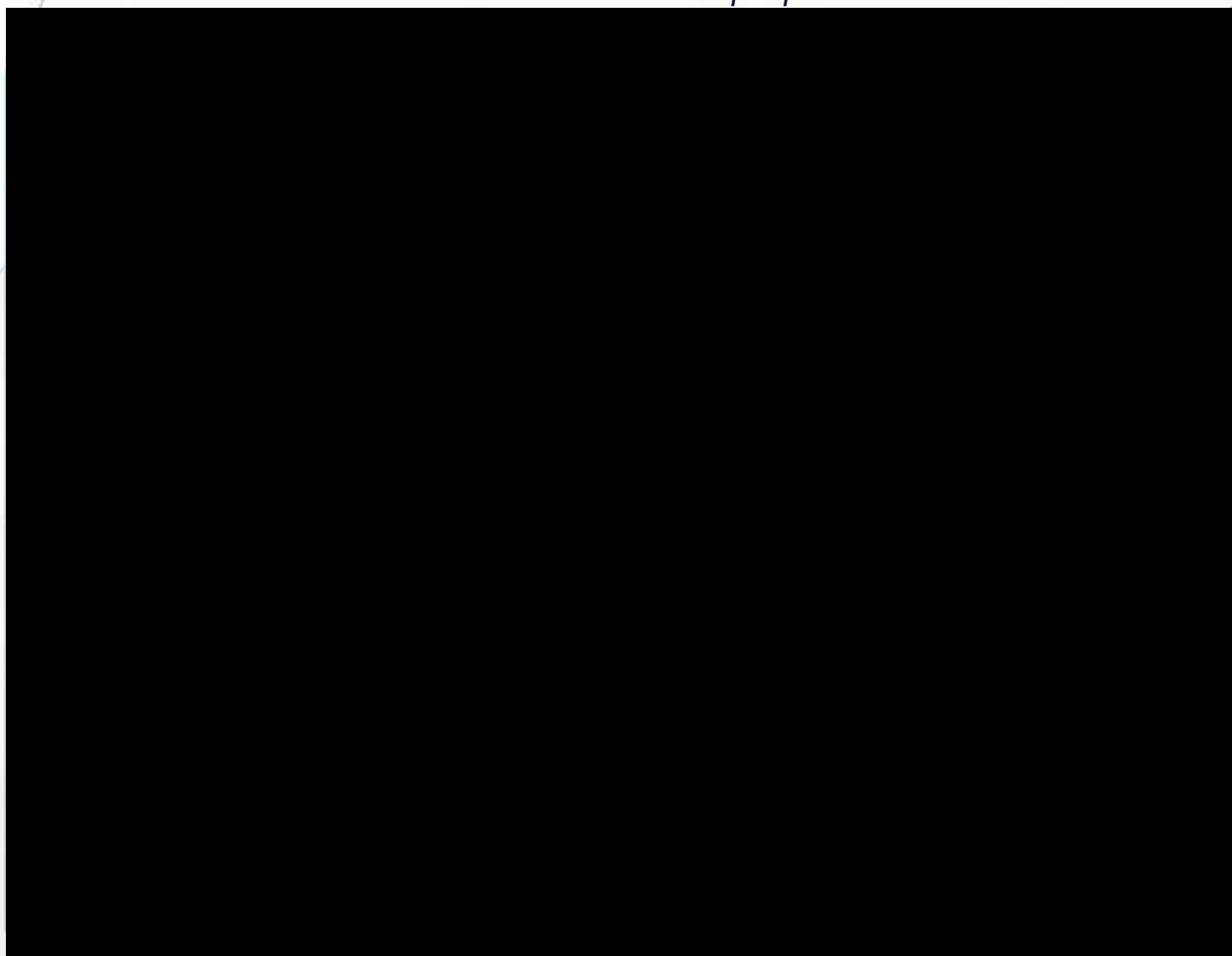


Tabla 6. Elaboración propia.



3.5 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Como se muestra en la tabla anterior, el proyecto se presenta en esquema de coinversión, donde hay 3 participantes, considerando como Sponsor a PRODECH, Organismo descentralizado del Gobierno del Estado de Chihuahua, que representa a los proyectos de acción climática de tratamiento de agua, para el Complejo Industrial Chihuahua.

El proyecto PTAR está encaminado a mejorar el saneamiento básico del agua que utilizan las empresas, y a mejorar las condiciones actuales del sistema de alcantarillado para dar cumplimiento al saneamiento y manejo de vertimientos del parque industrial, así como beneficiarse de su propia planta tratadora, evitando las multas por incumplimiento de estos. El principal beneficio social que tendrá el proyecto será el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, ya que es el primer paso para tener acceso al saneamiento básico de las aguas residuales.

3.5 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Como se muestra en la tabla anterior, el proyecto se presenta en esquema de coinversión, donde hay 3 participantes, considerando como Sponsor a PRODECH, Organismo descentralizado del Gobierno del Estado de Chihuahua, que representa a los proyectos de acción climática de tratamiento de agua, para el Complejo Industrial Chihuahua.

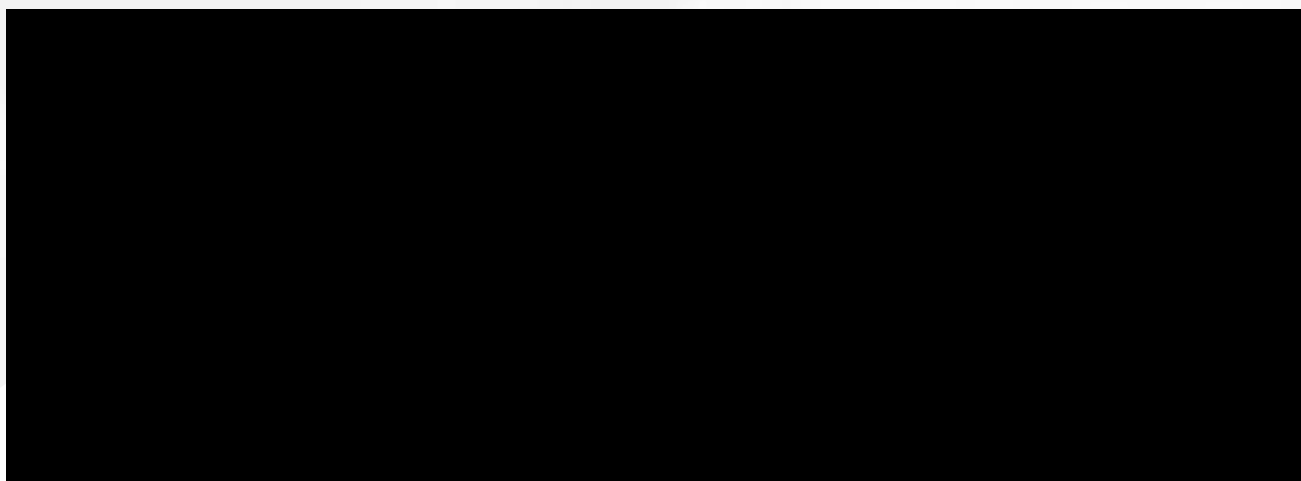
El proyecto PTAR está encaminado a mejorar el saneamiento básico del agua que utilizan las empresas, y a mejorar las condiciones actuales del sistema de alcantarillado para dar cumplimiento al saneamiento y manejo de vertimientos del parque industrial, así como beneficiarse de su propia planta tratadora, evitando las multas por incumplimiento de estos. El principal beneficio social que tendrá el proyecto será el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, ya que es el primer paso para tener acceso al saneamiento básico de las aguas residuales.

3.5.1 EVALUACIÓN FINANCIERA Para realizar la evaluación financiera, se consideraron los siguientes datos que se muestran en la tabla 7, donde se muestra un periodo de vida del proyecto de 15 años, con rendimientos brutos anual 

En el plan de inversión, se considera una tasa de interés del 15% tanto para el financiamiento obtenido para el proyecto, como para el capital aportado por los otros participantes, y un porcentaje de crecimiento del 1% por cada año durante la vida del proyecto, y una reinversión del 10% de los beneficios obtenidos.

PLAN DE INVERSIÓN

Tabla 7. Elaboración propia.



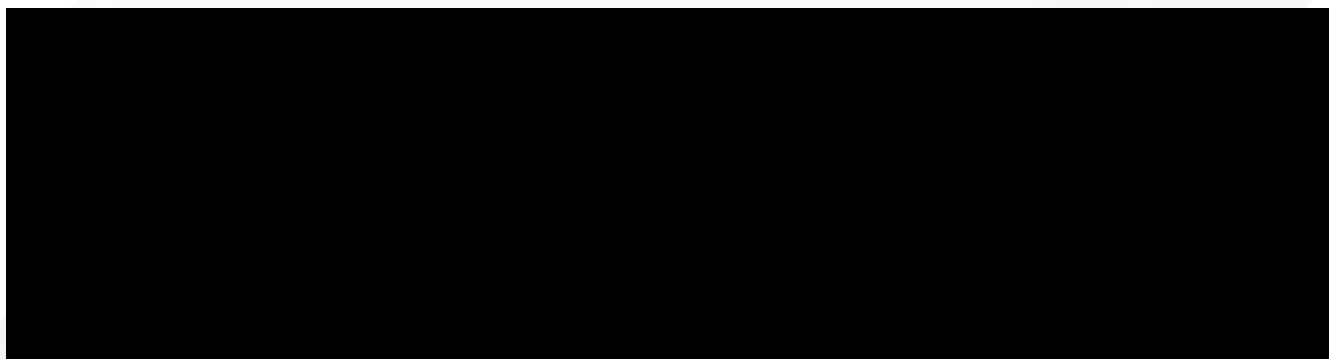
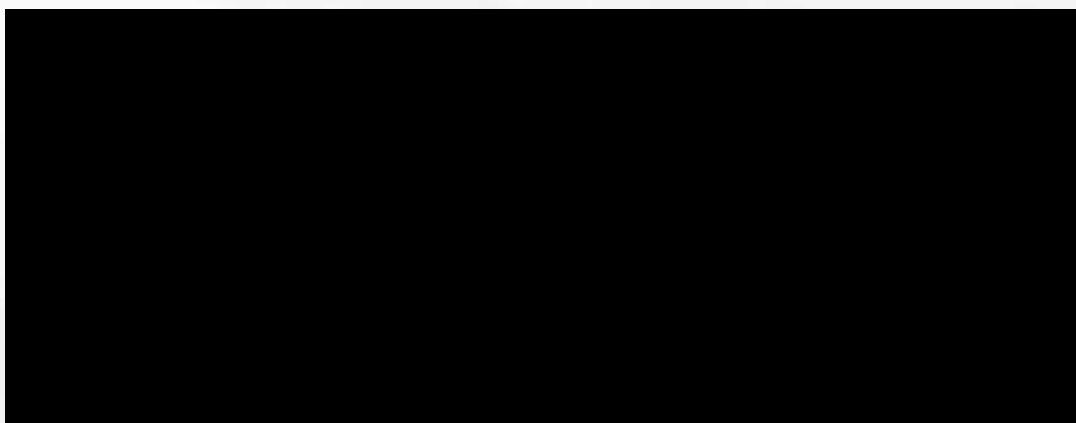
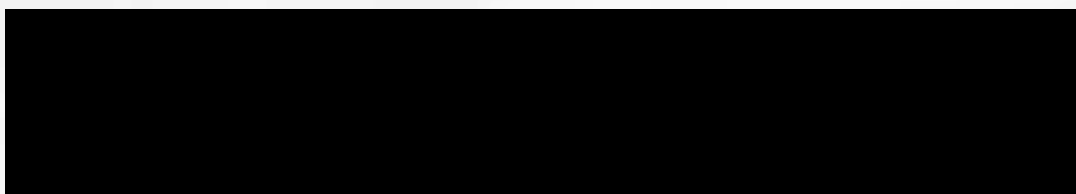


Tabla 8. Elaboración propia.



La tabla 9 muestra el VAN (Valor Actual Neto) del proyecto, es decir, la valía del proyecto PTAR hoy en día, con los datos proporcionados es de  como el valor es mayor a CERO, indica que se ha generado una ganancia adicional, mientras que la TIR (Tasa Interna de Retorno), es el indicador que nos muestra la tasa de interés de la inversión del proyecto PTAR, la cual es mayor a la tasa de descuento del financiamiento proyectado. La tasa de descuento es del 15%, y la tasa de rendimiento de la inversión es: 62.21%

Tabla 9. Elaboración propia.



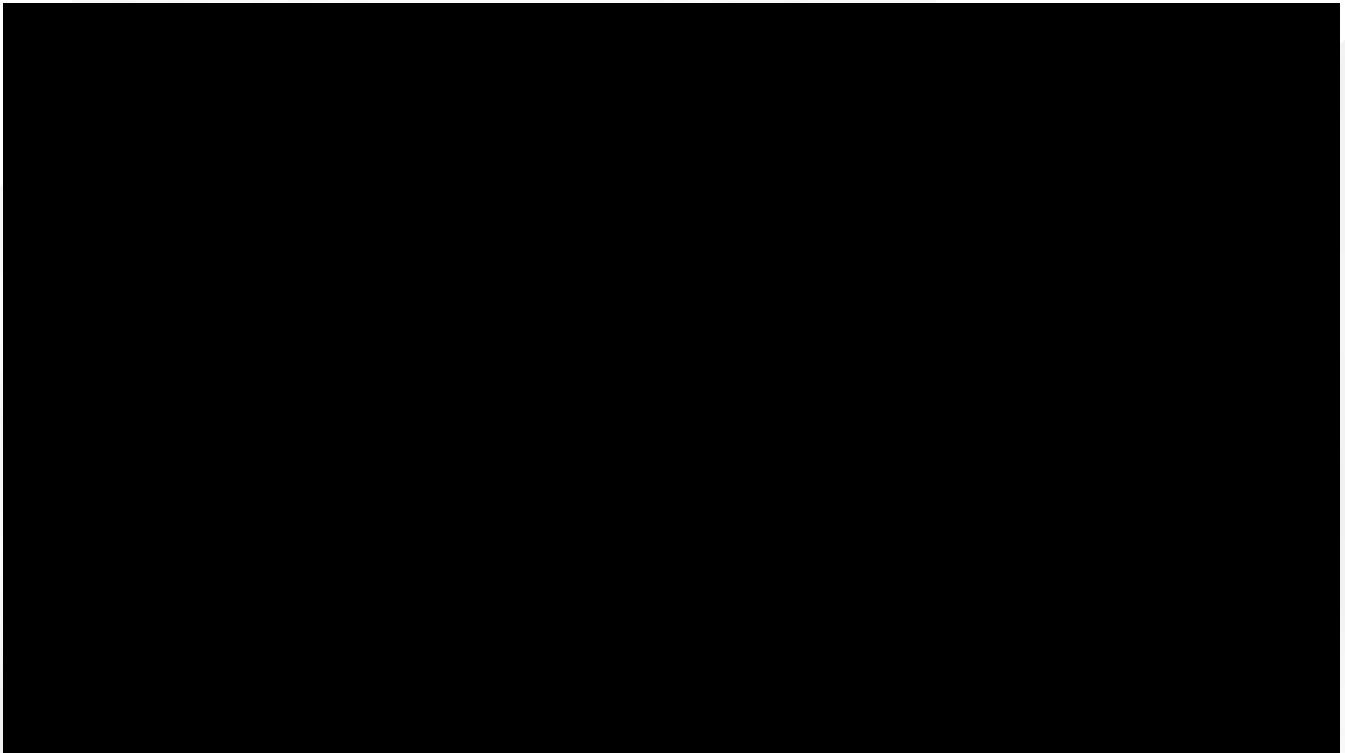
El financiamiento considera una recuperación de 5 años, la tabla 10 nos muestra los siguientes flujos, donde se observa un escenario favorable para el comportamiento del proyecto, durante el ciclo de vida estimado de 15 años. El costo medio del capital (WACC) del proyecto, es de 13.76%, que indica el costo de lo que se invertirá, teniendo en cuenta el porcentaje que contribuye cada una de las fuentes de capital, que en ambos casos es del 15%.

Tabla 10. Elaboración propia.

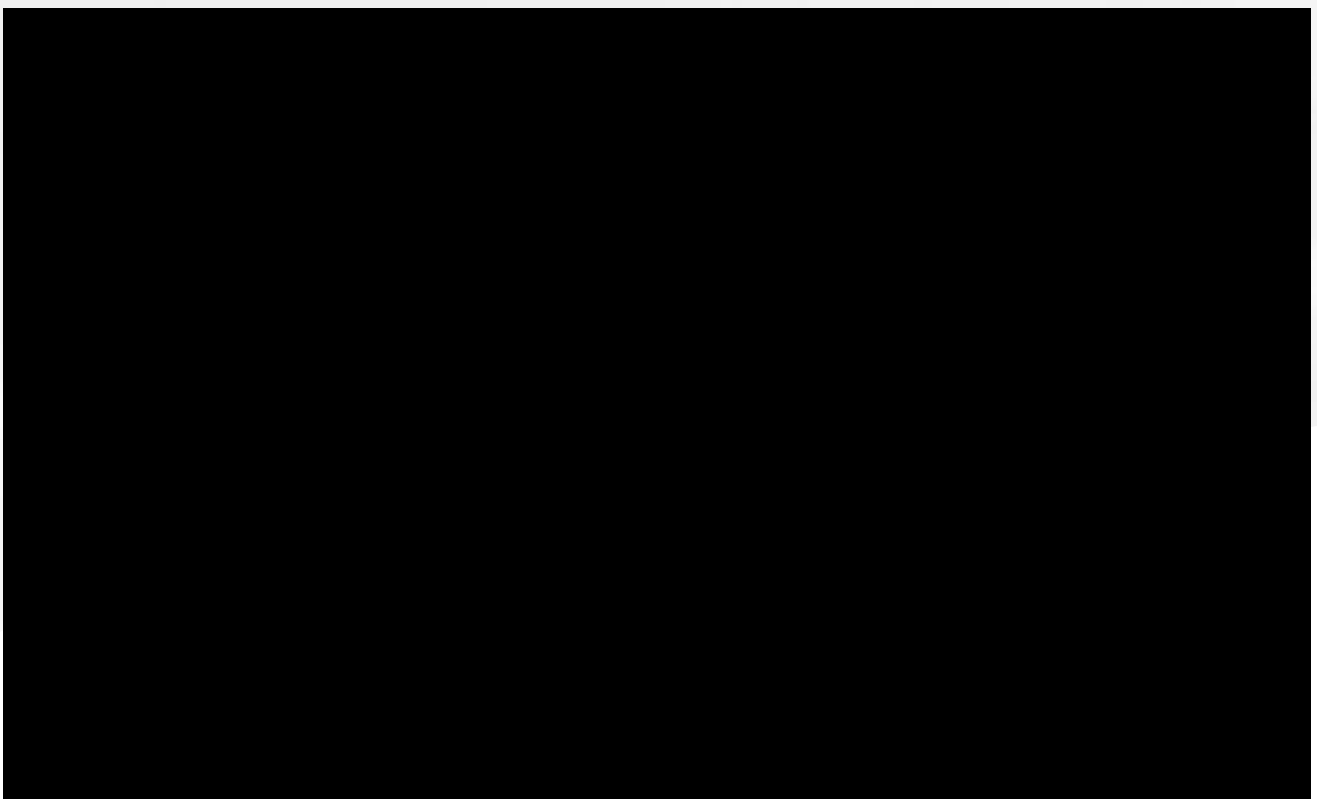
3.5.2 ANEXOS

La evolución de liquidez muestra que el proyecto PTAR tiene el dinero necesario para cumplir sus compromisos financieros en el corto plazo, a partir del año 2.

La creación de valor es la rentabilidad de los accionistas del proyecto, es decir, muestra las ganancias reales del proyecto PTAR, después de gastos y de recuperar la inversión a partir del año 2.



El payback del proyecto, indica el plazo de recuperación, se evalúa la inversión, es el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de la inversión de la PTAR, que es de 5 años.



- 1.El proyecto es sustentable, ya que muestra un retorno de la inversión (ROI) de más de 3,000%, que nos ayuda a entender cuánto del valor invertido se ha convertido en ventas, además, los indicadores nos muestran una franca recuperación a partir del año 2, en el que se comienza a pagar el financiamiento y la inversión de las empresas que invirtieron en éste, tomando en cuenta el respectivo costo de los capitales.
- 2.El financiamiento contempla un año de gracia para la construcción del proyecto y la puesta en marcha.
- 3.El resto de los indicadores permiten considerar que el proyecto es rentable para buscar la financiación correspondiente, con la seguridad de que el proyecto podrá cumplir sus compromisos en el corto plazo.

*Los indicadores se obtuvieron con los datos disponibles al momento de realizar el estudio.

4 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIÓN

4.1 RECOMENDACIONES

Se proponen las siguientes recomendaciones a la tecnología que se pretende aplicar:

- Las aguas provenientes de rechazo de osmosis y/o de cualquier parte del proceso, deben cumplir con la NOM-002-SEMARNAT-1994 para descarga a red municipal.
- Se pretende el reusó total del agua residual tratada, sin embargo, ante una baja demanda y por ende, un excedente de agua cruda, deberá considerarse un bypass o desfogue hacia la red sanitaria procedente del efluente secundario que permita verter a red municipal con cumplimiento de la Norma correspondiente sin tratamiento terciario.
- Ofrecer un servicio de operación y mantenimiento junto con la PTAR propuesta.
- Incluir en la propuesta el costo por m³ tratado.
- Indicar especificaciones eléctricas que se vayan requerir.
- Considerar un laboratorio para pruebas de análisis fisicoquímicos, indispensables para verificar la adecuada operación de la PTAR o una alianza con el laboratorio de la JMAS para este objetivo.
- Considerar la construcción, del almacén de productos químicos requeridos en el tratamiento.
- Considerar una oficina o caseta de operación y servicios sanitarios.

Es importante cuantificar los lodos generados por la PTAR para desarrollar un proyecto donde se puedan aprovechar la materia orgánica contenida en los lodos para que a través de la tecnología de doble fluido lechoso se pueda generar biometano sin necesidad de realizar un secado de los lodos teniendo un aprovechamiento total ya que los residuales sólidos se pueden integrar para la generación de composta.

En base a las cotizaciones solicitadas, se consideró que la propuesta de ACUANOVUS es la más indicada para el proyecto, porque:

- Considera división de tanque reactor en tres modalidades (anóxica, aeróbica y desnitrificación).
- Es la única propuesta que presenta remoción de cloro mediante filtros de carbón activado con lo cual alarga la vida de las membranas de ósmosis inversa (ahorro económico) además de eliminar olor y color del agua tratada.

Económicamente:

- ACUANOVUS es 54% más económica que la propuesta de GC TRATAMIENTO
- ACUANOVUS es 41% más económica que la propuesta de NEWEMP

ACUANOVUS no presenta construcción de oficinas, laboratorio y sanitarios como las propuestas de GC sin embargo aún adicionando los costos de éstos a la propuesta continua con un 49% y 41% respectivamente más económica que las anteriores. En la tabla 5 se presentan características de esta propuesta basándonos en propuestas anteriores.

4.2 CONCLUSION

Tener una planta tratadora de agua como recurso compartido para las empresas puede proporcionar una serie de beneficios significativos:

- 1.Reducción de costos: Al compartir los costos de construcción, operación y mantenimiento de la planta tratadora de agua, las empresas pueden reducir significativamente sus gastos, a diferencia de si cada una de ellas tuviera la propia.
- 2.Mejora de la eficiencia: Al compartir los recursos, las empresas pueden mejorar la eficiencia de la planta tratadora de agua, ya que se puede invertir en tecnología más avanzada y mejoras continuas que beneficien a todas las empresas involucradas.
- 3.Responsabilidad ambiental: Al trabajar juntas en una planta tratadora de agua, las empresas pueden demostrar su compromiso con la responsabilidad ambiental y la sostenibilidad, lo que puede mejorar su imagen y reputación.
- 4.Reducción del impacto ambiental: Al tener una sola planta tratadora de agua, en lugar de varias plantas independientes, se puede reducir el impacto ambiental global de las empresas en la zona, lo que puede mejorar la calidad del agua en la región y reducir los riesgos para la salud pública.
- 5.Flexibilidad: Al compartir la planta tratadora de agua, las empresas pueden ajustar sus necesidades de suministro de agua, a medida que cambien las demandas de su negocio, sin tener que preocuparse por inversiones en nuevas plantas o infraestructuras.

En resumen, tener una planta tratadora de agua como recurso compartido para las empresas, puede proporcionar una serie de beneficios, incluyendo la reducción de costos, la mejora de la eficiencia, la responsabilidad ambiental, la reducción del impacto ambiental y la flexibilidad en el suministro de agua.

Su instalación es financieramente viable, sin embargo, para poder implementar esta solución será necesario realizar con mayor profundidad el levantamiento de datos para el cálculo de ingresos adicionales por saneamiento de las aguas residuales provenientes del total de las empresas instaladas dentro del CICH, así como realizar las gestiones dentro de los organismos descentralizados del Gobierno de Estado de Chihuahua, para otorgar en concesión infraestructura de la JMAS.

Para PRODECH puede representar un proyecto insignia con potencial para replicarlo en todos los parques industriales que administra dentro del territorio estatal y se considera como una inigualable oportunidad para asegurar ingresos por la venta de agua regenerada a las empresas que actualmente son sus clientes en la venta de agua potable.

Existen varios esquemas de financiación para este proyecto los cuales dependerán de dos factores:

- Asociación Público-Privada (APP), cumpliendo con la Ley de Asociaciones Público-Privadas del Estado de Chihuahua, donde se recomienda explorar de generar una Propuesta No Solicitada (PNS), para la obtención de una Opinión de Procedencia del Proyecto de la APP, por parte del Gobierno del Estado de Chihuahua, acortando los tiempos de 3 a 5 meses para integrar los requisitos de los estudios de prefactibilidad.
- PRODECH sea el que realice la integración del expediente técnico- financiero para cumplir los requisitos necesarios y que a través de la empresa EcoProdel se le brinde la asistencia técnica, la cual estaría cubierta por parte de la Delegación de la Unión Europea en México, con el programa Low Carbon Business Action in Mexico (LCBAM), para el análisis de las mejores condiciones financieras.

BIBLIOGRAFÍA Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681- P/Rev.3), Santiago.

Rodríguez-López, M. I., Roa-Morales, G., y Díaz-Valenzuela, L. (2018). Evaluación del desempeño de una PTAR convencional en la eliminación de contaminantes emergentes en México. Tecnología y Ciencias del Agua, 9(5), 1-11.

APENDICE

Se agregan cotizaciones

Cotización A: UCY

Cotización B: GC Tratamientos

Cotización C: ACUANOVUS

Reporte elaborado por el Equipo Chihuahua Green City:

Dr. Jorge Ortiz Prieto

M.A. e Ing. Juan Carlos Ares Cárdenas

Ing. Víctor Gómez Céspedes

Ing. Enrique Calderón Borunda