

**Proyecto COAH-2010-C14-149646:
Plan integral de reúso de las aguas residuales municipales
tratadas (ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga**

**Anexo H
Uso industrial y calidad de las residuales tratadas
de las Plantas Principal de Saltillo y de la Planta de Ramos Arizpe**

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo

Créditos

Agradecimientos

1. Información General sobre el Reúso de Aguas Residuales Tratadas en Industrias

- 1.1 Introducción
- 1.2 Uso en sistemas de enfriamiento
 - 1.2.1 Sistemas de un solo paso
 - 1.2.2 Sistemas evaporativos con recirculación de agua
 - 1.2.2.1 Torres de Enfriamiento
 - 1.2.2.2 Pilas de aspersion
 - 1.2.3 Requerimientos de calidad de agua para enfriamiento
 - 1.2.4 Problemas relacionados con la calidad del agua
 - 1.2.4.1 Corrosión
 - 1.2.4.2 Problemas de tipo biológico
 - 1.2.4.3 Incrustación
- 1.3 Uso en calderas
- 1.4 Uso en Procesos Industriales
 - 1.4.1 Industria de la Pulpa y el Papel
 - 1.4.2 Industria Química
 - 1.4.3 Industria Textil
 - 1.4.4 Petróleo y Carbón
 - 1.4.5 Otras industrias
- 1.5 Operaciones de lavado y limpieza
- 1.6 Riego de áreas verdes y control de contaminación del aire producida por tolvaneras

2. Información sobre industrias localizadas en Ramos Arizpe

- 2.1 Principales industrias localizadas en Ramos Arizpe

3. Uso Actual de Agua en las Industrias de Ramos Arizpe

- 3.1 Derechos y volúmenes de agua extraída de pozos pertenecientes a las empresas industriales ubicadas en Ramos Arizpe

- 3.2 Agua distribuida a las industrias por el Sistema Municipal de Agua y Saneamiento de Ramos Arizpe (SAPARA)
 - 3.3 Calidad del agua de los pozos de las empresas de Ramos Arizpe y de SAPARA
- 4. Aguas residuales de Saltillo y Ramos Arizpe**
- 4.1 Efluentes de las plantas tratadoras municipales
 - 4.1.1 Planta Principal de Saltillo
 - 4.1.2 Planta de Ramos Arizpe
 - 4.2 Descargas industriales
 - 4.3 Entrevistas con funcionarios e industriales relacionados con el manejo de las aguas residuales en los dos municipios
 - 4.3.1 Entrevista con el Biólogo Antonio López, ex-director de Ecología de Ramos Arizpe (en 2008-2009) y actual funcionario de PROFEPA
 - 4.3.2 Entrevista con el Ing. Michel Delgado, de la empresa Domus-Aqua, encargado de la planta tratadora de Ramos Arizpe
 - 4.3.3 Ing. Román Gutiérrez, encargado de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales en el Complejo Automotriz Ramos Arizpe de la General Motors de México
 - 4.3.4 Ing. Homero Ortiz de la planta de Kimberly Clark en Ramos Arizpe
 - 4.3.5 Ing. Omar Vizcarra, de la planta de Cementos Apasco en Ramos Arizpe
- 5. Cumplimiento del agua de las plantas tratadoras de Saltillo y Ramos Arizpe con los límites establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para reúso de aguas residuales y en los contratos celebrados con los municipios respectivos**
- 5.1 Planta Principal de Saltillo
 - 5.1.1 Cumplimiento con las normas de descarga
 - 5.1.2 Cumplimiento con el contrato celebrado con el municipio de Saltillo
 - 5.2 Planta de Ramos Arizpe
 - 5.2.1 Cumplimiento con las normas de descarga
 - 5.2.2 Cumplimiento con el contrato celebrado con el municipio de Ramos Arizpe
- 6. Uso actual y potencial de aguas residuales tratadas en industrias localizadas en Ramos Arizpe**
- 6.1 Volúmenes de agua tratada que utilizan las empresas de Ramos Arizpe en la actualidad
 - 6.2 Volúmenes potenciales de agua tratada que podrían utilizar las empresas de Ramos Arizpe

7. Conclusiones

8. Recomendaciones

9. Referencias

LISTA DE GRÁFICAS

- Fig. 2.1 Ubicación de los principales parques industriales localizados en el municipio de Ramos Arizpe
- Fig. 4.1 Diagrama esquemático de uso de agua en la planta de KC en RA (Flujos en Lps)
- Fig. 5.1 Variación de la conductividad en el influente y el efluente secundario de la Planta Principal de Saltillo
- Fig. 5.2 Variación del caudal del influente y el efluente secundario de la Planta Principal de Saltillo
- Fig. 5.3 Variación de la conductividad en el influente y el efluente secundario de la Planta de Ramos Arizpe
- Fig. 5.4 Variación del caudal del influente y el efluente secundario de la Planta de Ramos Arizpe

LISTA DE FOTOS

CS: Carlos Samaniego, AV: Alfredo Valdés

No.	Descripción	Tomada por
1.1	Torres de enfriamiento de gran tamaño, con estructura de concreto.	Bajada de internet
4.1	Localización de la nueva planta DeAcero del Norte.	GoogleEarth / CS
4.2	Localización del registro C-4 en el Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe (PYDECO).	GoogleEarth
4.3	Localización de la Planta Tratadora de Aguas Residuales de Fersinsa en el Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe (PYDECO), de la colonia Fidel Velázquez y de la Universidad Tecnológica de Coahuila (UTC).	GoogleEarth
4.4	Parque Industrial Santa María y plantas de Kimberly Clark y Cementos Apasco.	GoogleEarth
4.5	Localización del parque industrial FINSA (que descarga al arroyo El Pueblo, y de las empresas General Motors, DeAcero y Chrysler (que descargan al arroyo La Encantada)	GoogleEarth
6.1	Localización de las principales industrias localizadas en Ramos Arizpe que podrían utilizar aguas residuales tratadas	GoogleEarth / AV
6.2	Posible trazo de la línea morada para conducir aguas residuales tratadas a las industrias de Ramos Arizpe.	GoogleEarth /CS

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.1 Valores Típicos de Ciclos de Concentración (COC) para diferentes tipos de industrias
- Tabla 1.2 Valores recomendados de calidad del agua para el agua de reposición a torres de enfriamiento
- Tabla 1.3 Calidad de agua residual tratada en varias ciudades de Florida y California
- Tabla 1.4 Requerimientos de Calidad del Agua para Procesos Industriales
- Tabla 1.5 Requerimientos de Calidad del Agua para Procesos de la Industria de Pulpa y Papel
- Tabla 2.1 Relación de Industrias Instaladas en Ramos Arizpe
- Tabla 3.1 Títulos de concesión para la extracción de agua de pozos de industrias localizadas al norte de Saltillo y en Ramos Arizpe (Región 24, Cuenca 13, Uso Industrial)
- Tabla 3.2a Volúmenes históricos de consumo de agua (en m³/año) en algunas empresas importantes de Ramos Arizpe - Periodo 1993-2000.
- Tabla 3.2b Volúmenes históricos de consumo de agua (en Lps) en algunas empresas importantes de Ramos Arizpe - Periodo 1993-2000.
- Tabla 3.3 Tomas de agua potable por tipo de usuario y consumo promedio (Información de SAPARA, 2004).
- Tabla 3.4 Volúmenes anuales totales de agua extraídos (en metros cúbicos/año), macromedidos, distribuidos y desinfectados por el organismo operador de Ramos Arizpe en los años 2005 a 2008.
- Tabla 3.4a Gastos promedio de agua extraídos (en litros por segundo), macromedidos, distribuidos y desinfectados por el organismo operador de Ramos Arizpe en los años 2005 a 2008.
- Tabla 3.5 Consumos de agua reportados a Conagua en la zona metropolitana de Saltillo (en litros por segundo), para usos domésticos (Agsal y SAPARA) e industriales - Periodo 1998-2009
- Tabla 5.1 Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora Principal de Saltillo y su cumplimiento con las normas NOM-001 y NOM-003
- Tabla 5.2 Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora de Principal de Saltillo y su cumplimiento con los límites establecidos en el contrato celebrado entre el Ayuntamiento e ISASAL
- Tabla 5.3 Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora de Ramos Arizpe y su cumplimiento con las normas NOM-001 y NOM-003
- Tabla 5.4 Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora de Principal de Saltillo y su cumplimiento con los límites establecidos en el contrato celebrado entre el Ayuntamiento y Domus-Aqua

RESUMEN EJECUTIVO

En las ciudades de Saltillo y Ramos Arizpe se encuentran ubicados varios centenares de industrias. La mayor parte de ellas no consumen mucha agua, porque la disponibilidad del líquido en la zona nunca ha sido muy alta. Son contadas las empresas con requerimientos relativamente altos de agua que se han establecido en la región; la mayoría han buscado otros lugares en donde el líquido es abundante.

En este documento se concentra la atención en las empresas localizadas en el municipio de Ramos Arizpe, ya que –por razones de topografía, principalmente- se les puede hacer llegar el agua tratada sin necesidad de grandes requerimientos de bombeo. En cambio, para las empresas localizadas en el valle de Derramadero, al sur de Saltillo, la diferencia de altitud con Ramos Arizpe es del orden de 400 metros, lo cual encarecería mucho el gasto energético.

La extracción de agua de pozos por parte de las industrias de la región es del orden de 200 Lps (3.5% de la extracción total de los cuatro acuíferos regionales Saltillo-Ramos Arizpe, Cañón de Derramadero, Saltillo Sur y Región Manzanera-Zapalinamé). Del resto, la mayor parte (60% o casi 3,500 Lps) la usa el sector agropecuario, 32% (1850 LPs) los organismos operadores Agsal, SAPARA y SIMAS-Arteaga, y el 5% restante (alrededor de 280 Lps) otros usuarios

En Ramos Arizpe, las industrias consumen no más de 200 Lps de agua de sus propios pozos y menos de 50 Lps del sistema de agua de la ciudad. Es decir, su consumo del líquido es igual o un poco superior a la extracción que hace SAPARA para fines domésticos (200-240 Lps menos los 50 Lps que van a la industria).

En 2008 y 2009 empezaron a operar las tres plantas tratadoras de aguas residuales municipales de las dos ciudades (Principal y Gran Bosque Urbano en Saltillo y la de Ramos Arizpe), la Principal de Saltillo y la de Ramos Arizpe se encuentran ubicadas en el municipio de Ramos; la del Gran Bosque Urbano en el Mpio. de Saltillo. Las aguas tratadas en las dos plantas mencionadas –que podrían utilizarse para reúso industrial- cumplen con los estándares de tratamiento secundario, pero tienen contenidos de sales relativamente altos.

Las industrias instaladas en el norte de Saltillo y en Ramos Arizpe extraen de sus pozos aguas con contenidos altos de sales (1,500 a 2,500 mg/L de sólidos disueltos totales). Parte de ellas utilizan procesos de ósmosis inversa para reducir el contenido de sales en el agua que utilizan para enfriamiento, calderas, procesos industriales y aplicaciones de tipo doméstico. Estas industrias podrían reemplazar parte o la totalidad del agua que actualmente extraen de pozos por agua residual municipal tratada.

Para algunas industrias, el tratamiento secundario que actualmente se le da al agua residual podría no ser suficiente, pero la planta tratadora Principal de Saltillo se ha querido preparar para esta eventualidad mediante la instalación de un sistema de tratamiento terciario con capacidad de 150 Lps.

Actualmente el Mpio. de Saltillo vende a la compañía DeAcero, una cantidad de aguas residuales tratadas que ha fluctuado entre 4.0 y 20.8 Lps en 2010-2011, lo cual es una

cantidad mínima en comparación con los 1,200 Lps de capacidad y los 520-830 Lps (como efluente) que ha tratado la planta Principal en 2009-2011.

El Mpio. de Ramos Arizpe ya firmó un contrato con la compañía DeAcero, para vender 40 Lps del agua tratada en su PTARM a la planta de Fundición (DeAcero del Norte) actualmente en construcción, la cual está localizada en la vecindad de la tratadora de Ramos. Este flujo es aproximadamente la mitad de lo que ahora está tratando la PTARM de este municipio.

Según lo ha dado a conocer el Alcalde de Saltillo, ya se tienen compromisos y/o planes para comercializar al menos una porción relativamente importante del efluente de la planta tratadora Principal (150 Lps para 18 empresas localizadas en Ramos Arizpe). Las autoridades de Saltillo tendrían que hacer llegar el agua a las plantas de sus clientes potenciales, lo cual implica inversiones relativamente grandes en líneas de conducción y tanques de almacenamiento (Línea morada).

Así, se considera importante que es necesario desarrollar el potencial de reúso industrial para las aguas municipales tratadas de Saltillo y Ramos Arizpe, ya que hay mucho desconocimiento, tanto entre autoridades como industriales, sobre todos los aspectos del reúso de aguas residuales tratadas. Esto implica tener un buen conocimiento de los procesos industriales en los que se podrían usar estas aguas, conocer las calidades requeridas en cada uno de ellos, las medidas de seguridad que se deben tener en cuenta, y/o llevar a cabo pruebas piloto para demostrar que el reúso de ART resulta conveniente desde los puntos de vista técnico y económico.

Actualmente los industriales de la región están pagando a la Comisión Nacional del Agua \$13.67 por cada metro cúbico que extraen del subsuelo; además un buen número de ellos tienen que dar al agua de pozo un tratamiento relativamente costoso por ósmosis inversa. Si los municipios fijan tarifas del orden de \$6-8 por metro cúbico de agua tratada, posiblemente haya muchas empresas que estén dispuestas a considerar su utilización. Posiblemente deseen conservar sus derechos de extracción de agua, al menos hasta estar totalmente seguros de que el agua municipal tratada es una fuente confiable, y que no tiene efectos negativos significativos en sus procesos productivos. La venta de derechos podría representar un ingreso adicional para las empresas, pero es necesario elaborar antes los reglamentos de los acuíferos regionales, para evitar especulación con la venta de derechos, y evitar que se sigan sobreexplotando los acuíferos.

Algunas de las recomendaciones que se hicieron en el documento sobre reúso agrícola de las aguas residuales tratadas también aplican en este caso, a saber:

- Conectar todas las descargas de los fraccionamientos de Saltillo y Ramos Arizpe, que en la actualidad se descargan al arroyo La Encantada sin tratamiento alguno, a los colectores que alimentan a las plantas tratadoras de aguas residuales de las dos ciudades. Estas plantas tienen todavía bastante capacidad disponible, en especial la Principal de Saltillo.
- Exigir a las industrias y parques industriales que den debido tratamiento a sus aguas residuales.
- Establecer un reglamento para el reúso de aguas residuales municipales tratadas.

Las recomendaciones específicas para el reúso industrial son:

- Establecer contactos con los usuarios industriales que sean usuarios potenciales del agua tratada, y determinar sus requerimientos en términos de volúmenes y calidad.
- Determinar si es necesario llevar a cabo pruebas piloto para asegurar las calidades requeridas por diferentes industrias.
- Llevar a cabo las pruebas piloto que sean necesarias.
- Desarrollar procedimientos para el uso seguro de aguas residuales tratadas en las plantas industriales.

CRÉDITOS

Actividad	Responsable
Estructuración y escritura del presente documento	Dra. Gloria Tobón de Garza
Visitas a dependencias gubernamentales y entrevistas con ingenieros a cargo de los sistemas de tratamiento y reúso de aguas residuales en varias industrias	Dra. Gloria Tobón de Garza
Investigación de gabinete (Búsqueda de información en internet, INEGI, Conagua, bibliotecas reales y virtuales)	Dra. Gloria Tobón de Garza.
Trazo de la línea morada para conducción de aguas residuales tratadas desde la PTARM Principal de Saltillo a varias empresas de Ramos Arizpe y polígono de localización de la nueva planta DeAcero del Norte	Ing. Carlos Samaniego
Visitas a las plantas tratadoras de aguas residuales municipales de Saltillo y Ramos Arizpe	Todo el equipo del proyecto de "Reúso de ARMT de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga"
Análisis de laboratorio	Compañía Atlatec, de Monterrey, N.L.
Revisión final del documento	Dra. Lourdes Díaz y Dr. Salvador Carlos

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen en forma especial a las siguientes personas, funcionarios de Dependencias Gubernamentales relacionadas con el tema del presente estudio, Comisariados Ejidales o habitantes de ejidos al norte de Ramos Arizpe, la información que proporcionaron, la mayor parte de la cual fue utilizada para la elaboración del presente documento.

- Ing. Armando Alonso, Subdelegado de Asistencia Técnica Operativa de la Delegación Local de Conagua
- Biol. Antonio López, PROFEPA
- Ing. Michel Delgado, de la empresa DOMUS-Aqua, que opera la PTARM de Ramos Arizpe.
- Ing. Román Gutiérrez, encargado de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales en el Complejo Automotriz Ramos Arizpe de la General Motors de México
- Ing. Homero Ortiz de la planta de Kimberly Clark en Ramos Arizpe
- Ing. Omar Vizcarra, de la planta de Cementos Apasco en Ramos Arizpe

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN INDUSTRIAS

1.1 Introducción

El reúso industrial ha aumentado sustancialmente desde la década de los 1990s. Ésto, debido a muchas de las mismas razones por las que las aplicaciones agrícolas y urbanas de las ARMT han ganado popularidad, entre ellas la escasez de agua y el crecimiento de las poblaciones, especialmente en las zonas de sequía, la legislación relativa a la conservación del agua y el cumplimiento ambiental. Para satisfacer esta creciente demanda, muchas ciudades han aumentado la disponibilidad de agua recuperada para las industrias y han instalado las líneas necesarias para distribuirla. Como resultado, cada vez son más las industrias que utilizan agua recuperada para fines de enfriamiento, alimentación de calderas y en sus procesos productivos. Las plantas generadoras de energía son instalaciones ideales para el agua de reúso, debido a sus grandes necesidades de agua para enfriamiento, apagado de cenizas y lavado de gases de combustión (scrubbers). Las refinerías de petróleo, plantas químicas e instalaciones de procesamiento de metales también se han beneficiado con el uso de agua recuperada, no sólo para enfriamiento, sino también para sus requerimientos de proceso.

1.2 Uso en sistemas de enfriamiento

Para la mayoría de las industrias, los sistemas de enfriamiento son los usuarios principales de agua recuperada. Los avances en las tecnologías de tratamiento de agua (que incluyen un mejor control de incrustación, corrosión y problemas biológicos) han permitido utilizar en ellos agua de baja calidad.

Hay dos tipos básicos de sistemas de agua de enfriamiento que utilizan agua recuperada: a) de un solo paso, y b) de recirculación. Los sistemas de enfriamiento evaporativo con recirculación de agua son los más comunes.

1.2.1 Sistemas de un Solo Paso

Como lo indica su nombre, los sistemas de enfriamiento de agua de un solo paso implican que el agua de enfriamiento pasa una sola vez a través de los intercambiadores de calor. No hay evaporación, y por lo tanto, no se concentra el agua de enfriamiento. Muy pocos sistemas de enfriamiento de un solo paso utilizan agua recuperada; por lo general éstos están localizados en lugares en los que el reúso resulta conveniente, por ejemplo, cuando las industrias se encuentran cerca de plantas tratadoras municipales.

1.2.2 Sistemas Evaporativos con Recirculación de Agua

Los sistemas de enfriamiento evaporativos con recirculación usan agua para absorber calor de proceso, y luego transfieren el calor por evaporación. A medida que recircula el agua de enfriamiento, se requiere agregar agua para reponer la que se pierde por evaporación. Se debe purgar periódicamente el agua que recircula en el sistema de enfriamiento para evitar la acumulación de sólidos disueltos. Los dos tipos de sistemas de enfriamiento con recirculación son: a) torres de enfriamiento y b) lagunas de aspersion.

1.2.2.1 Torres de Enfriamiento

Como todos los sistemas evaporativos de recirculación, las torres de enfriamiento con agua están diseñadas para aprovechar la absorción y transferencia de calor por evaporación. En los últimos 10 años, las torres de enfriamiento han incrementado su eficiencia, al reducir a sólo 0.3 por ciento el agua que se evapora por cada ° C en que se reduce la temperatura del agua de proceso; esto ha permitido a su vez disminuir los requerimientos de agua de reposición.

Al evaporarse el agua, aumentan las concentraciones de sólidos disueltos y minerales presentes en el agua recirculada. Es necesario remover estos sólidos para evitar su acumulación en el equipo de enfriamiento, así como en las torres. Esta remoción se lleva a cabo mediante la descarga de una porción del agua de enfriamiento, a la que se le conoce como agua de purga. El agua de purga se trata generalmente mediante procesos químicos y/o filtración / suavización / clarificación, antes de su descarga.

Los diseños de las torres de enfriamiento varían entre:

- Grandes estructuras de concreto, como la que se muestra en la Foto 1.1, comunes en centrales eléctricas, las cuales miden hasta 120 metros de altura y 60 metros de diámetro, recirculan hasta 30,000 Lps de agua y evaporan hasta 1000 Lps.
- Torres de enfriamiento pequeñas, construidas de madera, hormigón, plástico, y/o plástico reforzado con fibra de vidrio. Estas torres se usan en refinerías de petróleo, plantas químicas, acerías, plantas eléctricas pequeñas, industrias metálicas y en sistemas comerciales para aire acondicionado.



**Foto 1.1.- Torres de enfriamiento de gran tamaño, con estructura de concreto
(Foto tomada de la Ref. ¿?)**

Los ciclos de concentración (COC) se definen como la relación entre la concentración de un ion o compuesto en el agua de la torre de enfriamiento en comparación con la concentración del mismo ion o compuesto en el agua de reposición. Por ejemplo, si la concentración de cloruro de sodio en el agua de la torre de enfriamiento es de 200 mg/L, y

la del mismo compuesto en el agua de reposición es de 50 mg/L, entonces el valor de COC es 4 (200 dividido por 50).

Las industrias a menudo operan sus torres de enfriamiento en ciclos de concentración muy diferentes. La razón de estas variaciones es que el agua de enfriamiento se utiliza para diferentes aplicaciones, p.ej. agua de lavado, apagado de cenizas, agua de proceso, etc.

1.2.2.2 Pilas de aspersión

Las pilas de aspersión son generalmente lagunas o cuerpos de agua pequeños, donde el agua de enfriamiento caliente se asperja hacia arriba por medio de boquillas, para que se mezcle con el aire. Esta aspersión causa evaporación, pero por lo general sólo se produce una caída de temperatura de 2 a 4.5° C. Las pilas de aspersión se utilizan en plantas generadoras de energía que requieren enfriamiento mínimo, en fuentes decorativas y en sistemas de aire acondicionado.

1.2.3 Requerimientos de calidad para agua de enfriamiento

Los problemas más frecuentes de calidad del agua en los sistemas de enfriamiento son: corrosión, crecimientos biológicos e incrustación. Estos problemas se presentan tanto si se usa agua potable o agua recuperada, aunque en general las concentraciones en el agua recuperada son mayores que en la potable.

1.2.4 Problemas relacionados con la calidad del agua

1.2.4.1 Corrosión

El uso de cualquier tipo de agua -incluida la recuperada- como reposición en sistemas de torres de enfriamiento con recirculación, da lugar a la concentración de sólidos disueltos en el sistema de intercambio de calor. Esta concentración puede o no provocar problemas de corrosión. El potencial de corrosión en los sistemas de enfriamiento depende de:

- La calidad del agua de enfriamiento concentrada -peor caso y valor promedio-.
- Las aleaciones de metales en los equipos de proceso que están en contacto con el agua de enfriamiento -principalmente tuberías de intercambiadores de calor / enfriadores / condensadores, pero también todos los demás metales en el sistema, incluyendo cajas de agua, láminas, tubos y torres de enfriamiento
- Las condiciones de operación (temperaturas y flujo de agua) de la torre de enfriamiento.

Dependiendo de su nivel de tratamiento, la calidad del agua recuperada puede variar sustancialmente. La concentración en el sistema de enfriamiento también depende de los ciclos de concentración del sistema. Cualquier contaminante que entre al agua de enfriamiento -a través de fugas en el proceso, condiciones atmosféricas o productos químicos de tratamiento- también afecta la calidad del agua.

1.2.4.2 Problemas de tipo biológico

Los problemas de tipo biológico asociados con el uso de agua recuperada en los sistemas de enfriamiento incluyen:

- Organismos microbiológicos que contribuyen al potencial de adherencias y corrosión inducida microbiológicamente (MIC por su sigla en inglés)
- Nutrientes que contribuyen al crecimiento microbiológico.

Los organismos microbiológicos (bacterias, hongos y algas) que se adhieren a las superficies se identifican como microorganismos "sésiles", y contribuyen a la corrosión. Las adherencias microbianas suelen ocurrir en zonas de bajo flujo (0,6 m/s o menos), pero también para flujos mucho mayores (1,5 a 2 m/s). Estas adherencias interfieren con la transferencia de calor y causan corrosión en forma directa (debido a sus sub-productos ácidos o corrosivos) o indirecta (formando un escudo entre las superficies metálicas y los inhibidores de corrosión usados en tratamiento de agua). Las adherencias pueden crecer rápidamente y taponar los intercambiadores de calor, los rellenos de las torres de enfriamiento, o las boquillas de distribución de agua o aerosoles de las torres de enfriamiento.

El agua recuperada por lo general tiene un nivel muy bajo de organismos microbiológicos, debido a los requerimientos de tratamiento previo a la descarga. Los niveles de cloro de 2.0 mg/L (como cloro libre) matan la mayor parte de los microorganismos sésiles que causan la corrosión o forman adherencias en los sistemas de enfriamiento.

Los nutrientes que contribuyen al crecimiento de microorganismos están presentes en concentraciones variables en el agua recuperada. Sin embargo, incluso cuando se utiliza agua de primer uso en torres de enfriamiento, los productos químicos que se agregan durante el proceso de tratamiento pueden contribuir a una concentración considerable de nutrientes. También es importante tener un buen programa de control biológico antes de utilizar agua recuperada. El amoníaco y los compuestos orgánicos son nutrientes típicos que se encuentran en este tipo de agua y se pueden reducir con algunos biocidas de uso común (especialmente polímeros con carga catiónica).

1.2.4.3 Incrustación

Los componentes principales con potencial de incrustación en el agua recuperada son: calcio, magnesio, sulfatos, alcalinidad, fosfatos, sílice y fluoruros.

Las combinaciones de estos minerales que pueden producir incrustaciones en el agua de enfriamiento concentrada incluyen: fosfato de calcio (muy común), sílice (bastante común), sulfato de calcio (bastante común), carbonato de calcio (bastante común), fluoruro de calcio (poco común) y silicato de magnesio (poco común).

Se deben evaluar todos los componentes con potencial de incrustación y controlarlos mediante un tratamiento químico y/o mediante el ajuste de los ciclos de concentración. También se debe evaluar la calidad del agua recuperada, junto con el potencial de incrustación, para establecer el uso de inhibidores específicos de incrustación.

1.3 Uso en Calderas

Tanto si se utiliza agua de primer uso o recuperada para reposición a calderas, se requiere un tratamiento adicional extensivo. Los requerimientos de calidad para agua de reposición a calderas dependen de la presión de operación. Generalmente, cuanto mayor es la presión, mejor debe ser la calidad requerida del agua. Para presiones muy altas (1500 psi o más), las calderas requieren agua de reposición de muy alta calidad.

En general, se debe tratar para reducir la dureza -tanto en el agua potable como en la recuperada que se utilizan para reposición a calderas- a valores cercanos a cero, con el fin de eliminar o controlar las incrustaciones insolubles de calcio y magnesio, y controlar la sílice y la alúmina, ya que estas son las principales causas de la acumulación de sarro en las calderas. Dependiendo de las características del agua recuperada, después de un tratamiento con cal que incluya floculación, sedimentación y recarbonatación, se podría requerir filtración en medios múltiples, adsorción en carbón activado y eliminación de nitrógeno.

El agua de alta pureza para alimentación a calderas de alta presión también puede requerir tratamiento por ósmosis inversa o intercambio iónico. La alta alcalinidad puede contribuir a la formación de espuma, que produce depósitos en el sobrecalentador, recalentador, o turbinas. La alcalinidad de bicarbonatos, bajo la influencia del calor de la caldera, puede conducir a la liberación de bióxido de carbono, que es una fuente de corrosión en equipos que utilizan vapor.

El agua de reposición a calderas es, por lo general, un mal candidato para el agua recuperada, debido al tratamiento considerable y las cantidades relativamente pequeñas de agua de reposición que se requieren normalmente. Sin embargo, existen varios casos exitosos de esta aplicación, p. ej. en algunas refinerías ubicadas en el sur de Los Ángeles, California.

1. 4 Uso en procesos industriales

La conveniencia de usar agua recuperada en procesos industriales depende de cada aplicación particular. Por ejemplo, la industria electrónica requiere agua de calidad casi destilada para el lavado de placas de circuitos y otros componentes electrónicos. Por otro lado, la industria del curtido puede utilizar agua de relativamente baja calidad. Los requerimientos para las industrias textiles, de pulpa y papel y fabricación/acabado metálico son intermedios.

Por lo tanto, en la investigación de la viabilidad del reúso industrial de ARTs, se debe consultar a los usuarios potenciales para conocer los requisitos específicos de su agua de proceso.

La Tabla 1.4 presenta los requisitos de calidad de agua para varios tipos de industrias y procesos industriales.

Tabla 1.4.- Requerimientos de Calidad del Agua para Procesos Industriales

Parámetro*	Ind. de Pulpa & Papel			Ind. Química	Ind. Petroquím & carbón	Textiles		Prod. de cemento
	Proceso mecánico	Proceso químico sin blanqueado	Proceso químico con blanqueado			Satinado	Desengrase, blanqueado & teñido	
Cu	-	-	-	-	0.05	0.01	-	-
Fe	0.3	1.0	0.1	0.1	1.0	0.3	0.1	2.5
Mn	0.1	0.5	0.05	0.1	-	0.05	0.01	0.5
Ca	-	20	20	68	75	-	-	-
Mg	-	12	12	19	30	-	-	-
Cl	1,000	200	200	500	300	-	-	250
HCO ₃	-	-	-	128	-	-	-	-
NO ₃	-	-	-	5	-	-	-	-
SO ₄	-	-	-	100	-	-	-	250
SiO ₂	-	50	50	50	-	-	-	35
Dureza	-	100	100	250	350	25	25	-
Acalinidad	-	-	-	125	-	-	-	400
SDT	-	-	-	1,000	1,000	100	100	600
SST	-	10	10	5	10	5	5	500
Color	30	30	10	20	-	5	5	-
pH	6-10	6-10	6-10	6.2-8.3	6-9	-	-	6.5-8.5

* Todos los valores están en mg/L, excepto color y pH.

Fuente: Water Pollution Control Federation, 1989.

1.4.1 Industria de la Pulpa y el Papel

Durante muchos años la industria de la pulpa y el papel ha reciclado sus propias aguas residuales, y utilizado agua recuperada de otras fuentes en sus procesos. A principios del siglo XX, cuando se desarrollaron las primeras máquinas papeleras automáticas, el uso del agua era de 625 litros por kilogramo aproximadamente. En la década de los cincuentas, el consumo de agua se redujo a 145 L/kg (Wyvill et al, 1984). Las fábricas modernas operan a una relación de reciclado cercana al 100 por ciento, y usan sólo cerca de 70 litros de agua por kilogramo (NCASI, 2003).

Las plantas de celulosa y papel que reúsan aguas residuales municipales tratadas generalmente requieren que éstas tengan tratamiento terciario.

La Tabla 1.5 muestra los requerimientos de calidad del agua para varios procesos de la industria papeleras.

Tabla 1.5.- Requerimientos de Calidad del Agua para Procesos de la Industria de Pulpa y Papel

Parámetro ⁽¹⁾	Proceso mecánico	Proceso químico sin blanqueado	Proceso químico con blanqueado
Hierro	0.3	1	0.1
Manganeso	0.1	0.5	0.05
Calcio	-	20	20
Magnesio	-	12	12
Cloro	1,000	200	200
Sílice	-	50	50
Dureza	-	100	100
SST	-	10	10
Color	30	30	10
pH	6 - 10	6 - 10	6 - 10

(1) Todos los valores están en mg/L, excepto color y pH.

Fuente: Adamski et al., 2000

1.4.2 Industria Química

Los requerimientos de calidad de agua para la industria química pueden variar mucho, de acuerdo a los procesos productivos. En general, el agua de abasto debe tener un rango neutro de pH (6.2 a 8.3), ser moderadamente suave, y tener valores bajos de turbidez, sólidos suspendidos (SS) y sílice. Los sólidos disueltos y el contenido de cloro, por lo general, no son críticos (Water Pollution Control Federation, 1989).

1.4.3 Industria Textil

El agua que se utiliza en la fabricación de textiles no debe producir manchas, por lo que sus concentraciones de turbidez, color, hierro y manganeso deben ser bajas. La dureza puede causar coágulos que se depositan en los textiles y causan problemas en algunos procesos que utilizan jabón. Los nitratos y nitritos pueden causar problemas en el teñido.

1.4.4 Petróleo y Carbón

Los procesos para la fabricación de productos derivados de petróleo y carbón generalmente pueden tolerar agua de calidad relativamente baja. El pH debe estar en el rango de 6 a 9 y los SS no deben exceder 10 mg/L.

1.4.5 Otras industrias

Aparte de las industrias mencionadas en los párrafos anteriores, hay muchas otras que también han utilizado, o podrían utilizar agua recuperada. Las posibles excepciones serían la producción de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos, y la producción de componentes electrónicos que requieren agua de alta pureza.

Algunas de las objeciones más comunes al reúso industrial de las aguas residuales municipales tratadas incluyen:

- Posible presencia de patógenos
- Posible aumento de problemas de corrosión, incrustación o bioensuciamiento.
- Requisitos de calidad del producto que específicamente se oponen a su uso (p.ej. en la industria alimenticia)
- Costos muy altos de transporte del agua

Las dos primeras objeciones se pueden resolver mediante métodos de tratamiento adecuados (terciarios y/o cuaternarios, incluyendo ósmosis inversa); la cuarta mediante el aseguramiento de la venta de una cantidad de agua a grupos de usuarios cercanos (p.ej. parques industriales, que permita repartir entre todos el costo de la línea de transferencia, o prorratearlo en la tarifa de venta del agua).

1.5 Operaciones de lavado y limpieza

El agua recuperada se puede usar para gran parte de las operaciones de lavado y limpieza industrial, incluyendo lavado de pisos, limpieza de tanques, registros, canales, tuberías, vehículos, etc.

1.6 Riego de áreas verdes y control de contaminación del aire producida por tolvaneras

El municipio de Ramos Arizpe está localizado en una zona desértica, con precipitación pluvial escasa. No existe capa vegetal en la mayor parte de los suelos de la región y sí mucho material suelto, de tipo arenoso o arcilloso en la superficie.

En algunas épocas del año se presentan fuertes vientos, hasta de 100 km/hora, las cuales levantan polvo y arena, así como otros materiales livianos. Esto da lugar a la contaminación del aire.

La plantación de jardines o de árboles alrededor de las plantas, como lo han hecho las empresas Cementos Apasco y Kimberly Clark, y otras en menor grado -utilizando sus propias aguas residuales tratadas- además del aspecto estético que proveen, contribuye a evitar la contaminación del aire.

El riego de áreas verdes y el control de tolvaneras son aplicaciones de las aguas residuales municipales tratadas que se deben tomar en cuenta en la planeación de los parques industriales y plantas aisladas.

2. INFORMACIÓN SOBRE INDUSTRIAS EN RAMOS ARIZPE

2.1 Principales industrias localizadas en Ramos Arizpe

La tabla 2.1 presenta una relación de las empresas localizadas en Ramos Arizpe, tomada de diferentes fuentes: a) el directorio de la AIERA (Asociación de Industriales y Empresarios de Ramos Arizpe), b) la página web del INEGI, c) datos proporcionados por la Secretaría de Fomento (ahora Desarrollo) Económico de Coahuila.

Tabla 2.1.- Relación de Industrias Instaladas en Ramos Arizpe

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
1	Bard International Manufacturing Solutions, S.A. de C.V.	Aire Acondicionado	Blvd. Alfa 1255	490 0005	Santa María
2	Lennox	Aires acondicionados	Libramiento José López Portillo 1600 (Proceso de construcción)		Aeropuerto (Amistad)
3	Aleazín, S.A. de C.V.	Aleaciones de zinc	Ave. Industrial No.1890	4320735	Saltillo-Ramos Arizpe
4	Astor Tileworks, S.A.	Alfarería y Cerámica	Camino Real a Monclova 4700-1	4883771 4883772	
5	Federal Mogul Camshafts de México, S. de R.L. de C.V.	Arbol de levas	Industria Metalúrgica No. 1004	4882010	Saltillo-Ramos Arizpe
6	NMHG México, S.A. De C.V.	Armado de Montacargas	Industria Automotriz #3090	4110500 4110502	Saltillo-Ramos Arizpe Ampliación
7	Irasa Industrial, S. A. de C. V.	Artículos Oficina	Blvd. Aeroespacial	8669800	Saltillo-Ramos Arizpe, 3a. Etapa
8	Johnson Controls, S. de R.L. de C.V. (Remomesa)	Asientos para uso automotriz	Blvd. las Torres No. 850 Los Rodríguez 844 4883707	844 4383300	
9	Afinnia	Automotriz	Calle Alpha No. 1655	8662110	Santa María
10	Ald Vacuum Treatments	Automotriz	Blvd. Omega 2270 (Proceso Instalacion)	info@alddt-mexico.com	Santa María
11	Araco de México, S. A.	Automotriz	Blvd. Las Torres		
12	Auto Log, S.A. de C.V.	Automotriz	Calle Halcón #4	4389400	FINSA
13	Auto Seat, S.A. de C.V.	Automotriz	Blvd. Las Torres 850	4383500 ext. 1006	
14	Aventec, S.A. de C.V.	Automotriz	Blvd. Kappa 1056	8669300	Santa María
15	Bard Elamex Manufacturing	Automotriz	Blvd. Alfa 1155	4900006	Santa María
16	Benteler de México, S.A. De C.V.	Automotriz	Av. Ind. Metalúrgica #1024	4882406 4882407	Saltillo-Ramos Arizpe

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
17	Braun Corporation	Automotriz	Av. Ind. Automotriz esq. Metalúrgica no. 3052	8669444	Saltillo-Ramos Arizpe
18	Caterpillar	Automotriz	Av. Ind. de la Transformación 3135	4383000/ 4383082	Saltillo-Ramos Arizpe
19	Centro Técnico Herramental, S.A. de C.V.	Automotriz	Carretera Saltillo-Piedras Negras	4115500	
20	Commercial Contracting Mexico, S.A. de R.L. de C.V.	Automotriz	Carr. Saltillo-Monterrey Km. 18	8669030	Santa María
21	Cosma International	Automotriz	Blvd. Magna No. 2000	4117700	Santa María
22	Daimler-Chrysler de México S.A. de C.V.	Automotriz	Autopista Saltillo-Monterrey Km. 9.5	4112800	
23	Engicom, S. de R. L. de C. V.	Automotriz	Industria Metalúrgica No. 1004	4882010 4882190	Saltillo-Ramos Arizpe
24	Estampados Cosma de México, S.A. de C.V.	Automotriz	Ave Santa María 1501	4116200	Santa María
25	Flextronics	Automotriz - Plásticos	Alpha 1121	8664000	Santa María
26	General Motors de México, S. De R.L. De C.V.	Automotriz (Ensamble de vehículos automotrices, estampado, maquinado y ensamble de motores)	Autopista Monterrey-Saltillo Km. 7.5	4114000	
27	Goertz Schiele, S.A. de C.V.	Automotriz		8663000	Santa María
28	Indiana Tube	Automotriz	Blvd. Automotriz	4164040	Saltillo-Ramos Arizpe
29	Inergy Automotive Systems Ind. de México, S.A. de C.V.	Automotriz	Ave. Ind. de la Transformación 3150	4382202	Saltillo-Ramos Arizpe
30	Inoplasticomium, S. A. de C. V.	Automotriz	Blvd. Industria de la Transformación 3150	4382100	Saltillo-Ramos Arizpe
31	Intier Automotive Interiors de México, S.A. De C.V.	Automotriz	Blvd. Magna #200	4381100	Santa María
32	Leon Plastic	Automotriz	Av. Automotriz	8665366 4902733	Saltillo-Ramos Arizpe
33	Linamar de México, S.A. De C.V.	Automotriz	Ind. Automotriz # 3070 Prol.	4110610 4110600	Saltillo-Ramos Arizpe
34	Mahle Pistones, S. de R.L. de C.V.	Automotriz	Blvd. Parque Industrial No. 3045	4113703 4113700	Saltillo-Ramos Arizpe
35	Martin Rea	Automotriz	Blvd. Industria de la Transformación 3131	8661000	Saltillo-Ramos Arizpe
No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
36	Metaldyne Sintered	Automotriz	Avenida Industria de la	4389030	Saltillo-Ramos

	Components de México S. De R.L.		Transformación #3120		Arizpe
37	Mitsubishi Heavy Industries Climate Control Inc.	Automotriz	Cenzontle #6	4391390	FINSA
38	Moll Industries	Automotriz	Blvd. Santa María 1700	8669700	Santa María
39	Mubea de México, S. De R. L. de C. V.	Automotriz	Avenida Industria Siderúrgica (frente a Transp. Bonampac)	4313100	Saltillo-Ramos Arizpe
40	Sachs Automotive, S.A. De C.V.	Automotriz	Ind. Metalúrgica #1010-2	4115700	Saltillo-Ramos Arizpe
41	Saltillo Lamination	Automotriz	Aut. Saltillo-Monterrey km. 11.5	8662000	Saltillo-Ramos Arizpe
42	Sofano	Automotriz	Proceso de Instalación	4886495	Saltillo-Ramos Arizpe
43	Stabilus, S.A. De C.V.	Automotriz	Industria Metalúrgica #1010	4110707	Saltillo-Ramos Arizpe
44	Steyr Power Train Magna, S.A. de C.V.	Automotriz	Blvd. Magna	4380200	Santa María
45	Tecnocast	Automotriz	Autopista Mty-Saltillo km.21.4	8660600	
46	The Brown Corporation	Automotriz	Ave. Industria Automotriz #3052	8669444 4882711 4880924	Saltillo-Ramos Arizpe
47	Techno Trim de México, S.A. De C.V.	Automotriz (Asientos)	Ave. Industria Metalúrgica #1030	4882870	Saltillo-Ramos Arizpe
48	Formex Automotive Industries, S.A. De C.V.	Automotriz (Chasises)	Blvd. Magna #2000	4117700 4117706	Santa María
49	Detroit Global Industries de México	Automotriz (diseño y fabr. de plástico)	Blvd. Sigma no. 3301	1807800 1788000	Saltillo-Ramos Arizpe
50	Steyer de México, S.A. de C.V.	Automotriz (Ejes)	Calle 1 #104	4380225	Santa María
51	DuroPlast S.A.	Automotriz (Plásticos)	Cenzontle #10	4389100	
52	Intermex Manufactura de Chihuahua, S. A.	Automotriz prueba de motores	Ave. Industria Automotriz no. 3061	4882119 4882049	Saltillo-Ramos Arizpe
53	Shiloh de México, S.A. de C.V.	Automotriz Soldado Laser	Av. Delta no. 2025 , Ave. Shiloh S/N	4389200	Santa María
54	Pelzer de México	Automotriz (fabr. Piezas)	Parque Fis	49020-51	Saltillo-Ramos Arizpe
55	Plastic Ominum, S.A. de C.V.	Automotriz (piezas de plástico)	Ave. Industria de la Transformación #3150	4382000 ext. 2011	Saltillo-Ramos Arizpe
56	Magna Internacional, S.A. de C.V.	Autopartes	Blvd. Magna No. 2000	4 11 77 00	Santa María
57	Oxford Automotriz de México, S.A. de C.V.	Autopartes	Avenida Santa María #1501	4116200 4116261	Santa María

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
58	Sealed Power Autopartes, S.A. de C.V. (camisa)	Autopartes	Bld. Sta. María 1255, esq. Con Alfa	8661100	Santa María
59	TWB de México, S.A. de C.V.	Autopartes	Bld. Santa María y Alfa	4389650	Santa María
60	Pilgrim's Pride, S.A. de C.V.	Avícola	Carretera Piedras Negras Km. 13	4322110 4391227	
61	Camisa, S.A. de C.V. (CONDUMEX)	Cables y fibra óptica / maquinado para la industria automotriz	Esquina Bld. Alfa	4886841	Santa María
62	Comedores Industriales Certificados	Comedores Industriales	Lago Baikal 1028, Manantiales del Valle	4888642	
63	Farmacia Agroquímica de México, S.A. de C.V.	Compra/venta de Agroquímicos	Manuel Acuña No. 500 Loc. 13	4883123	
64	Alta Tecnología en Construcción, S. De R.L.	Construcción	Obsidiana # 506 Col. Miravalle	4883299	
65	Constructora y Promotora CORSA	Construcción	Bld. Jaime Benavides Pompa #623	4881335	
66	Constructora y Urbanizadora Capellanía, S.A. de C.V.	Construcción	Bld. Las Torres 500 Colonia del Valle	4881274	
67	Promociones y Construcciones Santa María, S.A. de C.V.	Construcción	Bld. Isidro López Zertuche # 2567-A	4168000	
68	Branaa Curtidora de Piel, S.A. de C.V.	Corte de pieles para asientos	Autopista Monterrey Saltillo Km. 14.7	4882339	
69	Asesoría y Diseño Mecánico S.A.	Diseño de Bienes de Cap.	Av. Ind. Siderúrgica #2035	4883277	Saltillo-Ramos Arizpe
70	Maq., Grasas y Aceites de Coahuila, S.A. de C.V.	Distribución de Aceites	Bld. Plan de Guadalupe #900 Norte	4880888 4883636	
71	Moen de México, S.A. De C.V.	Distribución de Partes de Baño	Carretera a los Pinos Km. 1	4880826 4880827	
72	Universidad Tecnológica de Coahuila	Educación Tecnológica	Ave. Industria Metalúrgica #2201 Parque Industrial	4880557 4880583	Saltillo-Ramos Arizpe
73	Empacadora Ramos Arizpe, S.A. de C.V. México	Elaboración de mole	Plan de Guadalupe No. 104 Centro 25900	4880716	
74	Spartech de México ,S.A. de C.V.	Elaboración de plastificantes y resinas plásticas	Ave. Gama No. 650	8660000	Santa María
75	Grupo Bioquímico Mexicano	Elaboración y Distribución de Agroquímicos	Bld. J. Valdés Sanchez No. 1369	4152178 4152131	Saltillo-Ramos Arizpe

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
76	Huntington Foam	Electrodoméstico	En proceso de instalación	(81)8127 5010	Saltillo-Ramos Arizpe
77	Saint Gobain	Electrodoméstico	Ave. Industria Aeroespacial	1807320	Saltillo-Ramos Arizpe
78	Whirlpool de México	Electrodomésticos	San Luis Potosí Esq. Guanajuato	8664100	Santa María
79	White path	Ensamble de cajas de control	Av. Industria Aeroespacial	4900200	Saltillo-Ramos Arizpe
80	Benteler de México	Ensamble de partes automotrices	Gorrión 330	4380330	FINSA
81	Camin, S. A. de C. V.	Ensamble de partes automotrices	Gorrión 320, Parque Finsa	4305071	FINSA
82	Delphi	Ensamble de partes automotrices	Cenzontle # 4	4389400	FINSA
83	Dong Kwan Ramos, S. A. de C. V.	Ensamble de partes automotrices	Cenzontle	4384100	FINSA
84	Iacna	Ensamble de partes automotrices	Halcón #2	4388440	FINSA
85	Johnson Control Interiores	Ensamble de partes automotrices	Cenzontle y Halcón No. 7	4383300	FINSA
86	Power Train	Ensamble de partes automotrices	Lote 13, manzana 3 sin número, Calle Gorrión 13	4166767 4305044	FINSA
87	Siva Logística	Ensamble de partes automotrices	Cenzontle # 9	4390062	FINSA
88	KSR Internacional, S. de R.L. de C.V.	Equipo de Transporte y sus Partes	Blvd. Magna No. 1935	4901000	Santa María
89	Kimberly Clark de México, S.A. de C.V.	Fábrica de Producción de Papel	Autopista Saltillo-Monterrey Km. 21.4	4110116 4110126	
90	Grupo Industria Exterior, S.A. de C.V.	Fabricación de Anuncios y Espectaculares	Ignacio González 106-A Colonia Rancho de Peña	4850492	
91	Lear Corporation	Fabricación de Asientos	Av. Automotriz no. 3044	4882200 4381000	Saltillo-Ramos Arizpe
92	Delphi Packard Electric Centro Técnico Herramental, S.A. de C.V. (Packard Centec, Delphi Automotive Systems)	Fabricación de componentes de plástico, arneses y terminales eléctricos, grapas de hierro y clips	Cenzontle # 4	4389400	FINSA
93	Nutec Premier, S.A. de C.V.	Fabricación de Fibras Cerámicas	Blvd. Industrias #1900	4320083 4320442	

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
94	Gaviones Lemac, S.A. De C.V.	Fabricación de Gaviones	Prolongación Morelos No. 1300	4880181	
95	Mabe de México, S. de R.L. De C.V.	Fabricación de Lavadoras	Avenida Productividad No. 125	4117591 4117560 ext. 7391	
96	Saltillo Pottery, S.A de C.V.	Fabricación de macetas de arcilla, ladrillos, tabiques y otros productos de arcilla refractarios	Camino Real Monclova No. 4700	4882850	Saltillo-Ramos Arizpe
97	Steyer de México, S.A. De C.V.	Fabricación de partes de suspensión de automóviles y camiones	Calle 1 #104	4380225	Santa María
98	Innovative Tool Design de Saltillo, S.A. de C.V.	Fabricación de partes y accesorios para el sistema de frenos de automóviles y camiones	Camino Antiguo a Guanajuato No. 506 Valle del Nogalar	4882814	
99	De Acero, S.A. de C.V. (Planta Alambres)	Fabricación de productos derivados de alambre de acero	Carretera Saltillo-Mty Km. 8.5 25900	4320215	
100	Heraeus Electro Nite Mexicana S.A. de C.V.	Fabricación de Sensores	Ave. Delta 1400	8669090	Santa María
101	Mitsubishi Heavy Industries Climate Control Inc.	Fabricación de ventiladores para aire acondicionado de uso automotriz	Zenzontle #6	4391390	FINSA
102	Holcim Apasco / Cementos Apasco, S.A. de C.V.	Fabricación y Distribución de Cemento	Autopista Saltillo-Monterrey 23.5	4113353	
103	Johnson Controls Interiores, S. de R.L de C.V. (Prince)	Fabricación y ensambles de paneles para puertas, tablero de instrumentos y molduras interior	Cenzontle No. 7 / Carretera Saltillo-Piedras Negras Km. 10.7	4391281	FINSA
104	WF Manufacturing, S. de R.L. de C.V.	Filtros	Blvd. Alfa 1655	8662110	Santa María
105	Transportes Villarreal Berlanga, S. A. de C. V.	Fletes	Ave. Industria de la Transformación	8669160	Saltillo-Ramos Arizpe
106	Aceros Fundidos Internacionales, S. de R.L.	Fundición	Av. Ind. de la Transformación #3135	4383000	Saltillo-Ramos Arizpe

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
107	Aleaciones y Metales Industriales	Fundición	Av. Ind. Siderúrgica Lot. 9	4881660 4882984	Saltillo-Ramos Arizpe
108	Aluminios de Precisión, S.A. de C.V.	Fundición	Ind. Siderúrgica 2027	4884801 4884802	Saltillo-Ramos Arizpe
109	DeAcero del Norte, S.A. De C.V. (en construcción)	Fundición	Ejido Mesón del Norte.		
110	Forjacero S.A de C.V.	Fundición	Carretera Los Pinos Km. 2		
111	Fundición J.V., S.A. de C.V.	Fundición	Av. Metal Mecánica #4013	4882416 4882836	Saltillo-Ramos Arizpe
112	Ingeniería de Fundición y Suministros, S.A. de C.V.	Fundición	Av. Industria Siderúrgica y Esquina Metal Mecánica	4881635	Saltillo-Ramos Arizpe
113	Castech, S.A. de C.V.	Fundición de Monoblocks	Av. Ind. de la Transformación #3140 Amp. Parque Industrial	4113100 4113111	
114	Nemak	Fundición de Monoblocks	Av. Ind. de la Transformación #3140	4113100 4113111	Saltillo-Ramos Arizpe, Amp.
115	De Acero, S.A. de C.V. (Planta Acería Laminación)	Fundición para sacar alambón del acero	Carretera Saltillo-Mty Km. 8.5	4320215 4323601 4383674	
116	Maíz Industrializado del Noreste, S.A. de C.V.	Harina de Maíz	Av. Industria Metalúrgica #5000	4115609 4115610	Saltillo-Ramos Arizpe
117	Valenite de México, S.A. de C.V.	Herramientas de corte	Plan de Gpe. No. 100 25900	4880870	
118	Flexo Impresores, S.A. de C.V.	Impresión de Etiquetas	Bld. Parque Industrial #326	4880810	Saltillo-Ramos Arizpe
119	Ameq	Incineradora	Carr. a Los Pinos Km. 2 Interior	4883631	
120	TecnoMontajes S. A de C. V.	Instalación de Maquinaria Industrial	Bld. Plan de Guadalupe #192	4880695	
121	MGI Coutier Mexico S.A.	Inyección de plástico para la Ind. Automotriz	Cenzontle # 6 A	4393202	FINSA
122	Pemsa	Inyección de plástico para la Ind. Automotriz	Cenzontle # 10	4389100	FINSA
123	Rapid Plastics de México S.A.	Inyectado de plásticos	Av. Industria de la transformación #3175	4883656/ 57/58/59	Saltillo-Ramos Arizpe
124	Ivax Pharmaceuticals México, S.A. de C.V.	Laboratorio de Medicamentos	A. Morelos No. 1655 Col. Año de Juárez	8669130 8669141	
125	RHI-Refmex, S.A. de C.V.	Ladrillos y Esp. Refractarios	Autopista Saltillo-Monterrey Km. 9	4117220	
126	Emery Wolrdwide	Logística	Bld. Parque Industrial	4881612	Saltillo-Ramos Arizpe

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
127	FINSA	Lotes Industriales	Carretera Saltillo - Piedras Negras	4321040	
128	N&S Desarrollo y Construcción y Servicios Eléctricos, S.A. De C.V.	Mantenimiento a Subestación Electrónica	Arquerías #243 Col. Jardines Colonias	4161323 4393960	
129	Spartech de México, S.A. de C.V.	Manufactura de Prod. de plástico	Ave Gama 650	8660000	Santa María
130	Bic No Sabe Fallar, S.A. de C.V.	Maquila	Blvd. Magna	8660140	Santa María
131	Vima Servicios Industriales	Maquinado	Av. Industria Siderúrgica #2031	4882216	Saltillo-Ramos Arizpe
132	Manufacturera de Cigüeñales de México, S.A. de C.V.	Maquinados de Precisión	Av. Morelos Sur #605	8660900	
133	Inductotherm, S.A. de C.V.	Maquinaria Industrial	Av. Industria Siderúrgica No. 2036	4881100	Saltillo-Ramos Arizpe
134	Puertas Automáticas de Coahuila, S.A. de C.V.	Maquinaria y equipo	Jaime Benavides No. 1021 Villas del Nogalar 25900	4882398	
135	Comercializadora de Maquinaria y Servicios de Coahuila, S.A. de C.V.	Maquinas para fabricación de tortillas/ tortilladoras	Prol. Justo Sierra No. 191 Año de Juárez	4883636	
136	Fersinsa G.B., S.A. de C.V.	Materias primas para Antibióticos	Carretera Saltillo-Monterrey Km. 12.5	4381202 4381222	
137	Pérrigo de México, S.A. de C.V.	Medicamentos	Blvd. Industria Automotriz #3089	4883800	Saltillo-Ramos Arizpe
138	Acero Prime	Metal-Mecánica	Av. Gamma 527	4506400	Santa María
139	Internacional de Aceros Térmicos PAT	Metal Mecánica	Av. Ind. Siderúrgica No. 2047	4882501 4882502	Saltillo-Ramos Arizpe
140	N.M.H.G. de México	Metal Mecánica	Avenida Automotriz 3090	4110500	Saltillo-Ramos Arizpe
141	General Electric Electrical Distribution Equipment S.A. de C.V. (EDESA Saltillo)	Metal-mecánica	Blvd. Kappa #110	4382700	Santa María
142	Tecnomontajes S. A. de C. V.	Montaje de Maquinaria	Blvd. Gustavo Díaz Ordaz 201, Loma Linda	4885295	Saltillo-Ramos Arizpe
143	St. Thomas Creation, S.A. de C.V.	Muebles para Baño	Ind. Metalúrgica #4900	4880601 4115000	Saltillo-Ramos Arizpe
144	La-z-Boy	Muebles (asientos reclinables)	Libramiento José López Portillo	8662500	Aeropuerto (Amistad)
145	Unitech Industrial, S.A. de C.V.	Muebles y accesorios de forja y metálicos	Carretera Monterrey-Saltillo Km. 14.5	4881818	
146	Navisa Industrial Developers	Naves Industriales	Periférico Luis Echeverría #443 Edificio Torre Elite	4163040 4391170	

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
147	PTI	Pintura Automotriz	Proceso de Instalación	0147272 27909	Saltillo-Ramos Arizpe
148	Metokote de México	Pintura de Partes Automotrices	Carretera Saltillo-Piedras Negras Km. 10.8, Halcón # 3	4155840 4154138	FINSA
149	Procesos Electroforéticos, S.A. de C.V.	Procesos de electroforesis para piezas metálicas y pintura líquida para piezas plásticas.	AIERA No. 330, Lote 9 Manzana 1	4880720 4880900	Fracc. Parque Industrial
150	Sapartech	Plástico laminado	Av. Gama 650	866000	Santa María
151	Ecolab, S. A. de C. V.	Plásticos	Blvd. Parque Industrial 3001	4881333 4883669	Saltillo-Ramos Arizpe
152	Lic. Desiderio Siller Gómez	Plásticos	Industria Siderúrgica manzana IV lote 6	4127250	Saltillo-Ramos Arizpe
153	Poliuretanos Mexicanos Woodbridge, S.A. de C.V.	Poliuretano	Carretera Saltillo-Monterrey Km. 11.5	4880544	
154	Regiobela S.A. de C.V.	Productos de Belleza	De la Fuente #140	4880661 4880662	
155	Lácteos Nor-Mex, S.A. de C.V.	Productos lácteos	Autopista Saltillo-Monterrey Km. 12.2	4880855 4880343	
156	Magnelec, S.A. de C.V.	Productos Químicos	Blvd. Industrias No. 1800	4320503 4320502	
157	Química y Farmacia, S.A. de C.V.	Productos Químicos	Autopista Saltillo-Monterrey Km. 11.5	4383900	
158	Telux, S. de R.L. de C.V.	Productos Químicos	Gustavo Espinosa Mireles #119	4880670	
159	Ingeniería y Ciencias Aplicadas, S. A. de C. V.	Química	Industria Automotriz 3045	4882600	Saltillo-Ramos Arizpe
160	BEHR	Radiadores y Condensadores	Proceso de Instalación	4507820	Santa María
161	Mercury Assembly and Recycling de México, S.A.	Reciclado de Desechos	Gral. Charles 133 Esquina Zaragoza		
162	ARCORSA Ingeniería, S.A. de C.V.	Refractarios	Carr. P. Negras Km. 3.7	4322695 4322503	
163	CTI Logística	Servicio de Logística	Cenzontle #9	4390062	FINSA
164	Ecolimpio de México, S.A. de C.V.	Servicios Ambientales	Carretera antigua a Arteaga Km. 6.5	4133000	
165	Delphi Sistemas de Energía, S.A. de C.V. (Chasis)	Suspensión de frenos, alternadores y equipo para uso automotriz	Carretera Saltillo Monterrey Km. 9.5, Zona Industrial 25900 844 4113600	4113605	
166	Borgwarner	Transmisiones	Blvd. Kapa No. 1125 (Proceso de Inst)	8961000	Santa María
167	Mercurio Cargo	Transporte aéreo	Libramiento José López Portillo 1600	4886162	

No.	Empresa	Giro	Dirección	Teléfono	Parque industrial
168	Transportes Bonampak, S. A. de C. V.	Transportista	Av. Industria Siderúrgica 4004	4881674	Saltillo-Ramos Arizpe
169	Ramos Automotriz	Venta de Automóviles	Carretera Saltillo-Monterrey Km. 11.5	4881444	
170	Diken de México, S.A.	Venta de Productos Químicos	Avenida Ind. Automotriz 3043	4882696 ext 105	Saltillo-Ramos Arizpe
171	Foamex	Venta de Telas para Asientos	Autopista Saltillo-Monterrey Km. 14.7	4886001 4886002	

 Actualmente en construcción.

Según información de SEMARNAT, de las 300 empresas que se concentran en la zona, sólo 40 cuentan con la certificación de 'empresa limpia'

La mayor parte de las empresas de Ramos Arizpe están localizadas en los parques industriales existentes en la ciudad. La Fig. 2.1 presenta la ubicación de los principales parques industriales.



Figura 2.1.- Ubicación de los principales parques industriales localizados en el municipio de Ramos Arizpe

3. USO ACTUAL DE AGUA EN LAS INDUSTRIAS DE RAMOS ARIZPE

Las industrias de Ramos Arizpe utilizan agua de dos tipos de fuentes: a) pozos propios, y b) la red municipal, perteneciente al Sistema de Agua y Saneamiento de la ciudad, conocido como SAPARA.

3.1.- Derechos de extracción y agua extraída de pozos pertenecientes a las empresas industriales ubicadas en Ramos Arizpe

De acuerdo con información existente en el Registro Público de Derechos del Agua, de la Comisión Nacional del Agua, las industrias que aparecen en la tabla 3.1 tienen derechos de extracción de agua de pozo.

Tabla 3.1.- Títulos de concesión para la extracción de agua de pozos de industrias localizadas al norte de Saltillo y en Ramos Arizpe (REGIÓN 24, CUENCA 13, USO INDUSTRIAL)

No.	TITULAR	VOLUMEN CONCESIONADO	
		m ³ /año	Lps
1	Kimberly Clark de México, S. A. de C.V.	2,448,836.00	77.65
2	General Motors de México, S. de R.L. de C.V.	1,040,000.00	32.98
3	Promociones y Construcciones Santa María. S.A.	923,566.89	29.29
4	Constructora Davisa, S.A. de C.V.	547,465.00	17.36
5	General Motors de México, S. de R.L. de C.V.	332,800.00	10.55
6	Daimler-Chrysler de México, S. A. de C.V.	288,000.00	9.13
7	Fideicomiso Industrial Saltillo- Ramos Arizpe	283,824.00	9.00
8	Cementos Apasco, S.A. de C.V.	280,000.00	8.88
9	Refractarios Zincamex, S. A. de C. V.	248,000.00	7.86
10	Mahle Pistones, S. de R.L. de C.V.	177,000.00	5.61
11	DeAcero. S.A. de C.V.	135,360.00	4.29
12	Promociones y Construcciones Santa María, S.A.	112,394.30	3.56
13	Administradora Brycosa, S.A.	107,000.00	3.39
14	Cementos Apasco. S.A. De C.V.	102,989.00	3.27
15	Castech, S.A. de C.V.	100,608.00	3.19
16	Mahle Componentes de Motor de México, S. de R.L. de C.V.	99,000.00	3.14
17	Fideicomiso Industrial Saltillo- Ramos Arizpe	81,000.00	2.57
18	MI Developments de México, S.A. de C.V.	80,000.00	2.54
19	Apa Salt. S.A. de C.V.	80,000.00	2.54
20	Aceros Fundidos Internacionales, S. de R.L. de C.V.	76,147.20	2.41
21	DeAcero S.A. de C.V. Planta Alambres	72,000.00	2.28
22	Apa Salt, S.A. de C.V.	60,000.00	1.90
23	Centro Técnico Herramental, S.A. de C.V.	60,000.00	1.90

24	Industrias John Deere, S.A de C.V.	48,765.00	1.55
25	Castech, S. A. de C. V.	42,750.00	1.36
26	Stabilus, S.A. de C.V.	40,800.00	1.29
27	Producción RHI México, S. de R. L. de C. V.	40,000.00	1.27
28	Mabe México S. de R.L. de C.V.	25,000.00	0.79
29	Centro Técnico Herramental, S.A. de C.V.	24,000.00	0.76
30	Forjados Industriales, S.A. de C.V.	19,900.00	0.63
31	Centro Técnico Herramental, S.A. de C.V.	20,000.00	0.63
32	Delphi Diesel Systems, S.A. De C.V.	12,000.00	0.38
33	Mahle Componentes de Motor de México, S. de R.L. de C.V.	11,000.00	0.35
34	Linde de México, S.A. de C.V.	7,500.00	0.24
35	Administradora Brycosa, S.A. de C.V.	7,500.00	0.24
36	Delphi Diesel Systems, S.A. de C.V.	6,000.00	0.19
37	Grupo Bioquímico Mexicano, S.A. de C.V.	5,256.00	0.17
38	Bascomex, S.A. de C.V.	5,000.00	0.16
39	Troqueles y Plásticos, S.A. de C.V.	5,000.00	0.16
40	Administración. Terrenos Y Edificios, S.A.	4,500.00	0.14
41	Fibras Saltillo, S.A. de C.V.	4,000.00	0.13
42	Server Construcciones y Estructuras, S.A. de C.V.	2,548.00	0.08
43	Industrias Belgw, S.A. de C.V.	2,345.00	0.07
44	Concretos y Triturados de Saltillo, S.A. de C.V.	1,835.00	0.06
45	Premezclados Contrissa, S. A. de C. V.	1,200.00	0.04
46	Fundición Coahuila, S.A. de C.V.	486.00	0.02
	Sumas	8,073,375.39	256.0
	Sumas - Más de 0.5 Lps	7,997,205.39	253.6

La tabla 3.2a presenta los volúmenes de agua que consumieron algunas de las empresas más importantes de Ramos Arizpe (en m³/año) en el periodo 1993-2000.

Tabla 3.2a.- Volúmenes históricos de consumo de agua (en m³/año) en algunas empresas importantes de Ramos Arizpe - Periodo 1993-2000.

N°	Empresa	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Kimberly Clark	0	0	2,365,384	3,210,065	3,146,988	2,554,764	2,645,424	2,278,970
2	Fersinsa	0	346,639	326,575	1,078,120	850,429	1,014,808	750,453	750,069
3	General Motors	1,037,545	910,237	971,880	952,630	877,668	791,950	668,559	711,088
4	De Acero (Acería)	124,911	200,112	277,348	381,340	302,075	297,723	330,895	159,911
5	Chrysler de México	169,342	149,473	150,899	157,107	205,090	188,282	164,645	132,322
6	Minsa	0	0	0	93,053	122,513	103,320	93,965	93,965
7	De Acero (Alambres)	71,143	84,296	82,979	31,428	135,671	93,038	27,833	89,699
8	Constructora Davisa	0	0	0	0	0	590	12,852	74,659
9	Centro Técnico Herramental	0	0	0	0	0	0	41,208	63,057
10	Finsa Coah.	0	0	0	0	0	0	8,340	44,826
11	Cerámica	5,036	9,792	7,574	9,784	7,560	26,995	25,606	30,461
12	REFMEX	65,020	70,470	61,067	59,906	32,945	57,439	47,818	27,218
13	Mahle Pistones	0	0	4,622	11,717	14,692	25,285	28,983	26,863
14	Química y Farmacia	4,522	6,215	8,673	9,319	17,055	15,698	20,008	25,701
15	Grupo Quimmco	21,833	18,425	21,126	10,121	9,332	14,420	21,715	19,405
16	Nutec Premier	0	0	0	0	30,835	26,520	27,079	19,111
17	Castech	0	0	0	0	0	0	7,001	16,766
18	Stabillus	0	0	0	0	0	0	5,629	14,374
19	Aleazinc	0	0	0	0	12,186	9,223	8,108	7,141
20	Forjacero	0	0	0	0	1,616	3,408	3,617	4,511
21	Magnalec	0	0	0	0	0	2,171	3	3,019
22	B.Capellania	3,534	2,571	2,700	3,601	919	743	900	918
23	GBM	5,256	5,256	5,256	5,256	168	18	143	260
24	Bascomex	0	8,041	7,219	6,446	492	649	584	249
25	Fibrarex	21,915	23,653	34,370	54,783	4,412	0	0	0
26	Lácteos Normex	18,152	5,479	5,133	20,132	37,659	37,659	0	0
27	Saltillo Sur (antes PYPCO)	2,215	336	3	490	490	3,193	0	0
28	Servicio R. Arizpe	1,101	1,528	52	34	0	0	0	0
Totales (m³/año)		1,551,525	1,842,523	4,332,860	6,095,332	5,810,795	5,267,896	4,941,368	4,594,563
Totales (Lps)		49.2	58.4	137.4	193.3	184.3	167.0	156.7	145.7

La tabla 3.2b presenta los mismos datos de la tabla 3.2a, pero en Lps.

Tabla 3.2b.- Volúmenes históricos de consumo de agua (en Lps) en algunas empresas importantes de Ramos Arizpe - Periodo 1993-2000.

N°	Empresa	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Kimberly Clark	0.00	0.00	75.01	101.79	99.79	81.01	83.89	72.27
2	Fersinsa	0.00	10.99	10.36	34.19	26.97	32.18	23.80	23.78
3	General Motors	32.90	28.86	30.82	30.21	27.83	25.11	21.20	22.55
4	De Acero (Acería)	3.96	6.35	8.79	12.09	9.58	9.44	10.49	5.07
5	Chrysler de México	5.37	4.74	4.78	4.98	6.50	5.97	5.22	4.20
6	Minsa	0.00	0.00	0.00	2.95	3.88	3.28	2.98	2.98
7	De Acero (Alambres)	2.26	2.67	2.63	1.00	4.30	2.95	0.88	2.84
8	Constructora Davisa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.41	2.37
9	Centro Técnico Herramental	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.31	2.00
10	Finsa Coah.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	1.42
11	Cerámerica	0.16	0.31	0.24	0.31	0.24	0.86	0.81	0.97
12	REFMEX	2.06	2.23	1.94	1.90	1.04	1.82	1.52	0.86
13	Mahle Pistones	0.00	0.00	0.15	0.37	0.47	0.80	0.92	0.85
14	Química y Farmacia	0.14	0.20	0.28	0.30	0.54	0.50	0.63	0.81
15	Grupo Quimmco	0.69	0.58	0.67	0.32	0.30	0.46	0.69	0.62
16	Nutec Premier	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.84	0.86	0.61
17	Castech	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.53
18	Stabillus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.46
19	Aleazinc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.29	0.26	0.23
20	Forjacero	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.11	0.11	0.14
21	Magnalec	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.10
22	B. Capellanía	0.11	0.08	0.09	0.11	0.03	0.02	0.03	0.03
23	GBM	0.17	0.17	0.17	0.17	0.01	0.00	0.00	0.01
24	Bascomex	0.00	0.25	0.23	0.20	0.02	0.02	0.02	0.01
25	Fibrarex	0.69	0.75	1.09	1.74	0.14	0.00	0.00	0.00
26	Lácteos Normex	0.58	0.17	0.16	0.64	1.19	1.19	0.00	0.00
27	Saltillo Sur (antes PYPCO)	0.07	0.01	0.00	0.02	0.02	0.10	0.00	0.00
28	Servicio R. Arizpe	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales		49	58	137	193	184	167	157	146

3.2.- Volúmenes de agua distribuidos a las industrias por el Sistema Municipal de Agua y Saneamiento de Ramos Arizpe (SAPARA)

La información que se presenta en los tres párrafos siguientes y en la tabla 5.2 fue tomada del “Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de Ramos Arizpe”:

“...El uso urbano del agua se encuentra virtualmente monopolizado por la población de la ciudad de Ramos Arizpe. El SAPARA reportó para el año 2004 una oferta de agua de 207 Lps que se bombea de 11 pozos profundos; sin embargo, suministra en promedio un gasto de 160 Lps de los cuales se estima que 34 se destinan a la industria.

De acuerdo con los consumos medios proporcionados por el SAPARA, las tomas domésticas y comerciales consumen 56 Lps, los que sumados a los 34 Lps consumidos por la industria, arroja un gasto consumido total de 90 Lps. El resto del flujo se encuentra ubicado en el uso consuntivo de la ciudad (riego de parques y jardines, tomas oficiales, etcétera) y en las pérdidas físicas y comerciales.

Existen un número indeterminado de fraccionamientos campestres y rancherías en los alrededores de la mancha urbana de Ramos Arizpe pero se desconoce el gasto que utilizan para su uso y consumo.

En 2004, el Sistema Municipal de Agua y Saneamiento de Ramos Arizpe (SAPARA) brindaba el servicio a un total de 12,831 tomas, de las cuales 12,630 eran domésticas. En la tabla 5.2 se presenta el desglose de las tomas con los volúmenes anuales consumidos en el 2004...”

Tabla 3.3.- Tomas de agua potable por tipo de usuario y consumo promedio (Información de SAPARA, 2004).

Toma	Número de tomas	Volumen consumido (m ³ /año)	Q (Lps)	Consumo (L/Toma/Día)
Domésticas				
- Popular	11,566	1,647,512.44	52.00	388.45
- Residencial	1,064	86,809.88	3.00	243.61
Comerciales	125	25,577.99	1.00	691.20
Industriales	76	1,063,152.60	34.00	38,526.63
Total	12,831	2,823,052.92	90.00	

Los “Informes de la Situación del Agua en el Estado de Coahuila” en los años 2005 a 2008, publicados por la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), presentan la información que se transcribe en la tabla 3.3, sobre los volúmenes anuales totales de agua extraídos, macromedidos, distribuidos y desinfectados por el organismo operador de Ramos Arizpe en los años 2004 a 2008.

Tabla 3.4.- Volúmenes anuales totales de agua extraídos (en metros cúbicos/año), macromedidos, distribuidos y desinfectados por el organismo operador de Ramos Arizpe en los años 2005 a 2008.

Dato	2004	2005	2006	2007	2008
Volumen total extraído	5,676,480	6,752,678	6,923,500	6,878,963	7,537,104
Volumen total macromedido	126,144	1,438,906	6,620,400	6,672,594	7,537,104
Volumen total distribuido	5,045,760	5,093,280	6,125,800	6,231,308	7,537,104
Volumen total desinfectado	5,045,760	5,163,458	6,125,800	6,231,308	7,537,104

Tabla 3.4a.- Gastos promedio de agua extraídos (en litros por segundo), macromedidos, distribuidos y desinfectados por el organismo operador de Ramos Arizpe en los años 2005 a 2008.

Dato	2004	2005	2006	2007	2008
Volumen total extraído	179.5	214.1	219.5	218.1	238.3
Volumen total macromedido	4.0	45.6	209.9	211.6	238.3
Volumen total distribuido	159.6	161.5	194.2	197.6	238.3
Volumen total desinfectado	159.6	163.7	194.2	197.6	238.3

En los datos reportados en las tablas 3.4 y 3.4a se observan algunas inconsistencias que es conveniente analizar a mayor profundidad. Por ejemplo:

- Los datos para volúmenes distribuidos deberían ser mucho menores que los extraídos, debidos a las fugas en el sistema de distribución (del orden de 40%).
- El volumen total distribuido aumentó 49% de 2004 a 2008, lo cual parece un crecimiento muy alto.
- El volumen distribuido total que se indica en la tabla 3.3a para el 2004 (90 Lps) es mucho menor que el que aparece en la tabla 3.4a (159.6 Lps).

En marzo de 2012, Gloria Tobón Echeverri hizo una solicitud de información al Mpio. de Ramos Arizpe, en la que pidió información sobre el consumo de agua y la descarga de aguas residuales de las empresas de la región, pero la respuesta de SAPARA fue que dicha información "se encuentra clasificada como *Confidencial*".

Finalmente, los consumos de agua reportados a Conagua en los años 1998 a 2009, tanto para usos domésticos como industriales en Saltillo y Ramos Arizpe se presentan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5.- Consumos de agua reportados a Conagua en la zona metropolitana de Saltillo (en litros por segundo), para usos domésticos (Agsal y SAPARA) e industriales - Periodo 1998-2009

Año	Saltillo (1)		Ramos Arizpe (1)	
	Doméstico	Industrial	Doméstico	Industrial
1998	1,300	175	80	178
1999	1,310	175	80	156
2000	1,317	175	82	146
2001	1,335	175	87	87
2002	1,368	180	92	92
2003	1,402	180	98	98
2004	1,437	183	104	104
2005	1,473	185	110	110
2006	1,510	188	117	117
2007	1,548	192	124	124
2008	1,587	192	132	132
2009	1,626	192	140	140

(1) Datos al 31 de diciembre de 2009, proporcionados por Conagua (2010b).

3.3 Calidad del agua de los pozos de las empresas de Ramos Arizpe y de SAPARA

Como lo indica la Fig. 3.1, el agua de pozo en el norte de Saltillo y en Ramos Arizpe tiene un contenido elevado de sales. Esto lo corroboran análisis de agua realizados en fechas recientes para el agua de varios pozos en la región (Tabla 3.6), y análisis de los pozos de SAPARA realizados por el Laboratorio Estatal de Salud (Tablas 3.7a y 3.7b).

Es importante hacer notar que, aparte del contenido alto de sales (SDT, dureza y sulfatos) en muchos de los pozos de la región, y ligeramente alto de bario en 5 pozos de SAPARA, el agua que se extrae del subsuelo de Ramos Arizpe cumple con los demás parámetros de la norma NOM-127-SSA-1-1994 modificada en el 2000.

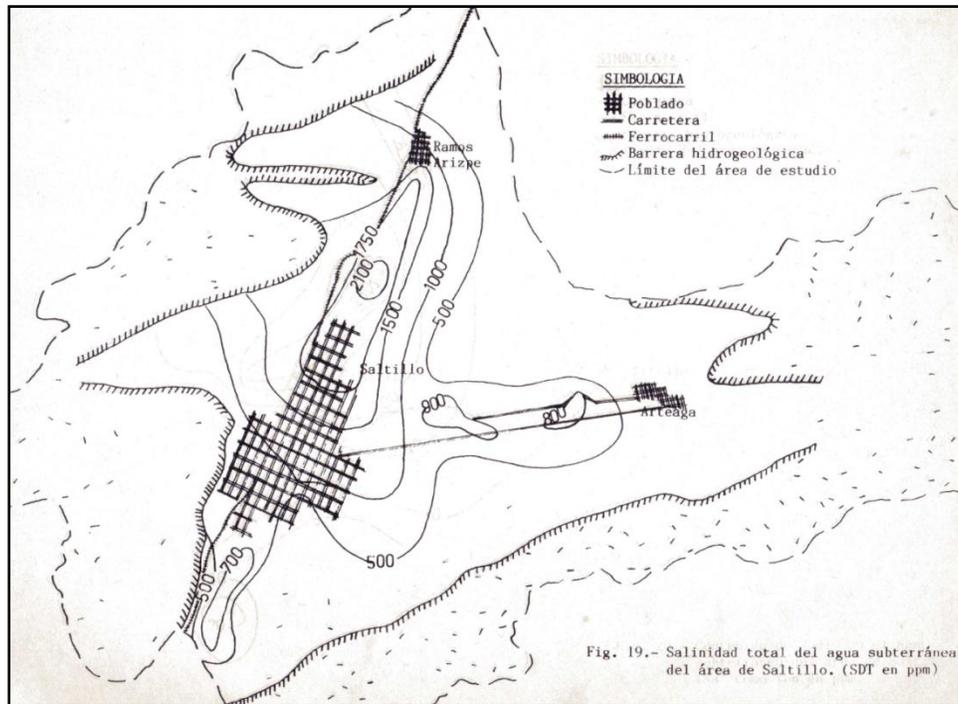


Fig. 19.- Salinidad total del agua subterránea del área de Saltillo. (SDT en ppm)

Figura 3.1.- Salinidad total (SDT en mg/L) del agua subterránea de Saltillo y Ramos Arizpe

Como se indica en el capítulo 4, las aguas residuales tratadas, tanto de Saltillo como de Ramos Arizpe, pero en especial esta última, tienen también un contenido elevado de sales.

4. AGUAS RESIDUALES DE SALTILLO Y RAMOS ARIZPE

4.1 Efluentes de las plantas tratadoras municipales

En las secciones siguientes el estudio se concentra en las aguas residuales tratadas de la Planta Principal de Saltillo y la de Ramos Arizpe, ya que las de la planta tratadora del Gran Bosque Urbano no se han usado hasta la fecha, ni se planean utilizar para fines industriales; su vocación es completamente riego urbano. El apéndice G presenta información sobre esta aplicación.

4.1.1 Planta Principal de Saltillo

La Planta Tratadora Principal de Saltillo es un sistema de lodos activados de tipo convencional. Su capacidad de tratamiento es de 1,200 litros por segundo (Lps), aunque – de acuerdo con información obtenida del Mpio. de Saltillo, el flujo tratado ha oscilado entre 600 y 900 Lps aproximadamente en el periodo 2009-2012.

En las instalaciones de la Planta Tratadora Principal está instalado un sistema de tratamiento terciario, con capacidad de 150 Lps, el cual al parecer se la empezado a utilizar para tratar el agua de reúso que se ha estado vendiendo a la empresa DeAcero desde principios de 2010.

4.1.2 Planta de Ramos Arizpe

La Planta Tratadora Principal de Ramos Arizpe es un sistema de lodos activados de tipo convencional, con tratamiento anóxico. Su capacidad es de 160 litros por segundo (Lps), aunque el flujo máximo de operación por lo general no ha pasado de 120 Lps en el periodo 2009-2012 y, en cambio, ha habido varios días en que está por debajo de 60 Lps.

4.2 Descargas industriales

Las empresas grandes de Ramos Arizpe (General Motors, Chrysler de México, Fersinsa, Kimberly Clark, Cementos Apasco y los parques industriales) no descargan sus aguas residuales a los colectores de la ciudad, sino directamente a los arroyos El Pueblo, La Encantada y El Águila. Las cuatro primeras empresas tienen sistemas de tratamiento de aguas residuales grandes y bien estructurados, y reúsan gran parte de las aguas residuales industriales tratadas. En la sección 4.3 de este reporte se presenta una entrevista con los responsables del manejo del agua en tres de estas empresas.

Cabe señalar que el Complejo Ramos Arizpe de la General Motors de México obtuvo el “Premio Internacional de Agua en la Industria Estocolmo 2001” por “...el uso extensivo de tratamientos de agua y aguas residuales y técnicas de recirculación que convierten agua salina en potable y conservan un recurso escaso...” (...extensive use of water and wastewater treatment and recycling techniques that convert saline into potable water and conserve a scarce resource...). (SIWI, 2001). Un resumen del manejo del agua (tratamiento de agua de abasto, conservación y ahorro en los procesos productivos y no-productivos, tratamiento y reúso de aguas residuales) en el Complejo se presenta en la referencia Tobón, 2002.

La empresa Fersinsa tiene también una planta tratadora, pero no está reusando el agua tratada, ya que ésta tiene un contenido de sólidos disueltos totales muy alto (más de 10,000 mg/L).

Algunas empresas pequeñas tienen instalados sistemas que tratan en forma parcial sus aguas residuales, pero el común denominador de los parques industriales de la región ha sido descargar estas aguas al arroyo, sin darles un tratamiento previo. Se ha hablado de planes para tratar los efluentes del Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe y Santa María, pero éstos no se han concretado. La responsabilidad de la contaminación de las aguas residuales de la mayor parte de los parques recae finalmente en el organismo operador de Ramos Arizpe, ya que éste municipalizó sus descargas hace algunos años.

De acuerdo al Manifiesto de Impacto Ambiental-Modalidad Particular realizado por Irca Consultores para la empresa DeAcero – Proyecto 3M Ramos Arizpe (planta también conocida como DeAcero del Norte –actualmente en construcción-, Fig. 4.1), la planta tendrá dos tipos de descargas: a) las sanitarias (3000 m³ mensuales), que será tratadas en una planta aeróbica con capacidad de 90 m³ diarios, y b) los efluentes de proceso (900 m³ mensuales), que serán tratados en una planta de proceso de enfriamiento.



Foto 4.1.- Localización de la nueva planta DeAcero del Norte.

Finalmente, se considera importante señalar que el Campus Ramos Arizpe de la Universidad Tecnológica de Coahuila tiene instalada una pequeña planta tratadora (PTAR Pedro Aguirre Banda) para las aguas residuales que se generan internamente. Las aguas tratadas (efluente secundario) se usan para riego de los jardines del campus.

4.3 Entrevistas con funcionarios e industriales relacionados con el manejo de las aguas residuales en los dos municipios

4.3.1 Entrevista con el Biólogo Antonio López, ex-director de Ecología de Ramos Arizpe (en 2008-2009) y actual funcionario de PROFEPA

El biólogo López proporcionó la siguiente información sobre el manejo de aguas residuales en Ramos Arizpe:

- SAPARA tiene planos de colectores de la ciudad, incluyendo los que descargan a la planta tratadora, o a los arroyo La Encantada y El Águila.
- SAPARA pide a las empresas que descargan a los colectores municipales, que realicen análisis de sus efluentes cada 3 o 6 meses, con un laboratorio certificado, y que le entreguen a SAPARA copia de estos análisis. El cobro por descarga se hace sobre la base de los kilogramos de DBO₅ y de SST en las aguas residuales, de acuerdo a las tarifas que publica CEAS cada tres meses. Estas tarifas deben estar expuestas en un lugar visible en las oficinas de SAPARA.
- Las empresas del parque industrial Saltillo-Ramos Arizpe (PYDECO) descargan directamente al cauce federal. La mayor parte de ellas no tratan sus aguas residuales. Sin embargo, las empresas no responden a Conagua por sus descargas, sino al sistema de agua de Ramos Arizpe (SAPARA), ya que en algún momento se municipalizó la red de drenaje del parque.
- En este mismo parque industrial existe un registro (el C-4. Ver ubicación en la foto 4.2, tomada de GoogleEarth), que recibe descargas de aguas residuales de industrias y fraccionamientos de Ramos Arizpe –y aún de Saltillo- las cuales se transportan en pipas desde las instalaciones de los generadores.
- El problema principal con el registro C-4 es que no tiene vigilancia de parte de SAPARA, y sólo se pide a los piperos que registren el volumen y la proveniencia de las descargas en una bitácora que se encuentra en sus oficinas en el centro de Ramos Arizpe. Las autoridades de Conagua deberían recomendar a SAPARA mantener personal de guardia en las inmediaciones de este registro, el cual se encargaría de: a) registrar en una bitácora todas las descargas que se reciben; b) tomar una muestra del agua y anotar la información de las características organolépticas color, turbiedad aparente y olor; c) medir y anotar las lecturas de pH, temperatura y conductividad; y d) para las descargas de origen industrial, tomar una muestra para realizar posteriormente análisis al azar de metales pesados.
- Las descargas de la Planta Tratadora de Aguas Residuales de la empresa Fersinsa (Foto 4.3), que antes se hacían directamente al arroyo, ahora se juntan con las municipales de la colonia Fidel Velázquez. El color entre amarillo y café de estas descargas es visible en el arroyo.
- El Mpio. de Ramos Arizpe no tiene información sobre las descargas de Fersinsa. El Biol. López indicó que sería apropiado –con el fin de completar el panorama de lo que se recibe en el arroyo- solicitar información al respecto en las oficinas de la Delegación Local de la Comisión Nacional del Agua.



Foto 4.2.- Localización del registro C-4 en el Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe (PYDECO).

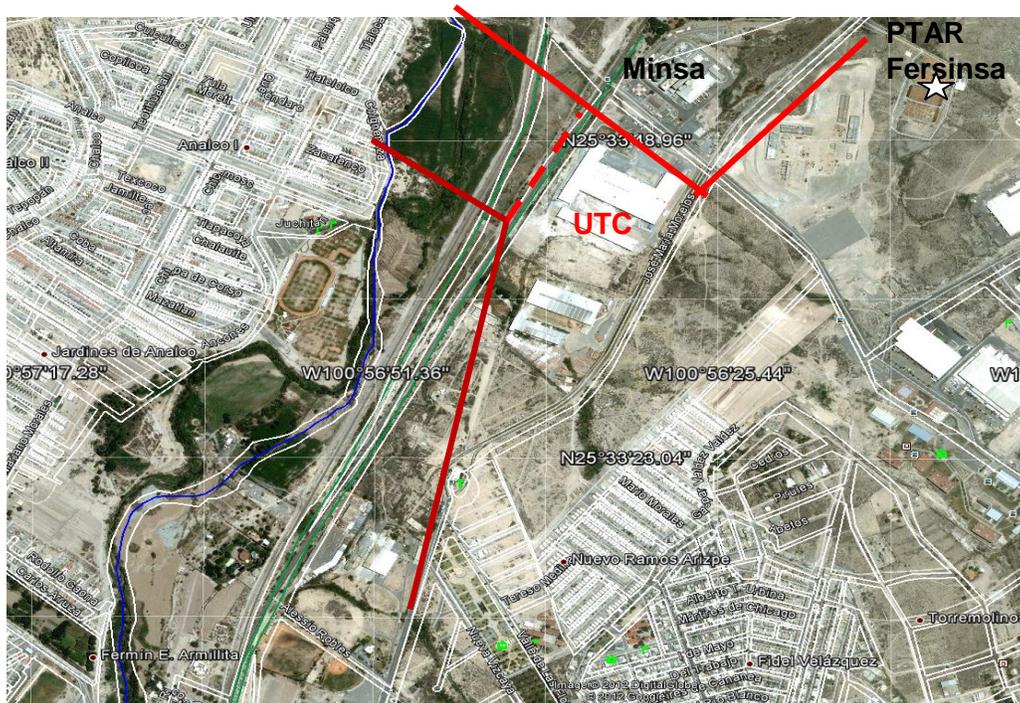


Foto 4.3.- Localización de la Planta Tratadora de Aguas Residuales de Fersinsa en el Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe (PYDECO), de la colonia Fidel Velázquez y de la Universidad Tecnológica de Coahuila (UTC).

- La empresa Minsa (Foto 4.3), que tiene descargas con contenidos muy altos de DBO_5 y DQO, descarga directamente al arroyo. Estuvo en trato con el municipio para descargar a un colector municipal, pero no se concretó.
- El parque industrial Santa María (Foto 4.4) tiene su red de drenaje interna, pero no tiene todavía en operación una planta tratadora para las aguas residuales de sus empresas. El agua residual llega a una fosa de poca capacidad, a la que a veces se descarga también agua residual industrial transportada en pipas. Otras descargas de este parque forman una laguna muy visible antes de cruzar la carretera a Monclova, y van a un arroyo que pasa por atrás de Kimberly Clark. Una de las pocas empresas del parque que tiene instalados –y en operación- sistemas de tratamiento para sus aguas residuales es Magna.
- Las empresas Kimberly Clark y Apasco (Foto 4.4) reportan directamente a Conagua sus descargas de aguas residuales. Un boletín publicado por la primera en su página web indica que: a) cuentan con tres plantas de tratamiento de agua: una para agua de pozo, otra para pulir el agua que utilizan en calderas, y la tercera para tratar sus aguas residuales; b) 75% del agua que utilizan es agua residual tratada, la cual se recicla en sus procesos; y c) la Conagua ha otorgado permiso a la empresa para utilizar sus aguas tratadas en el riego de áreas verdes. Apasco tiene un sistema de humedales construidos para sus aguas residuales domésticas, y usa su efluente para riego de árboles.

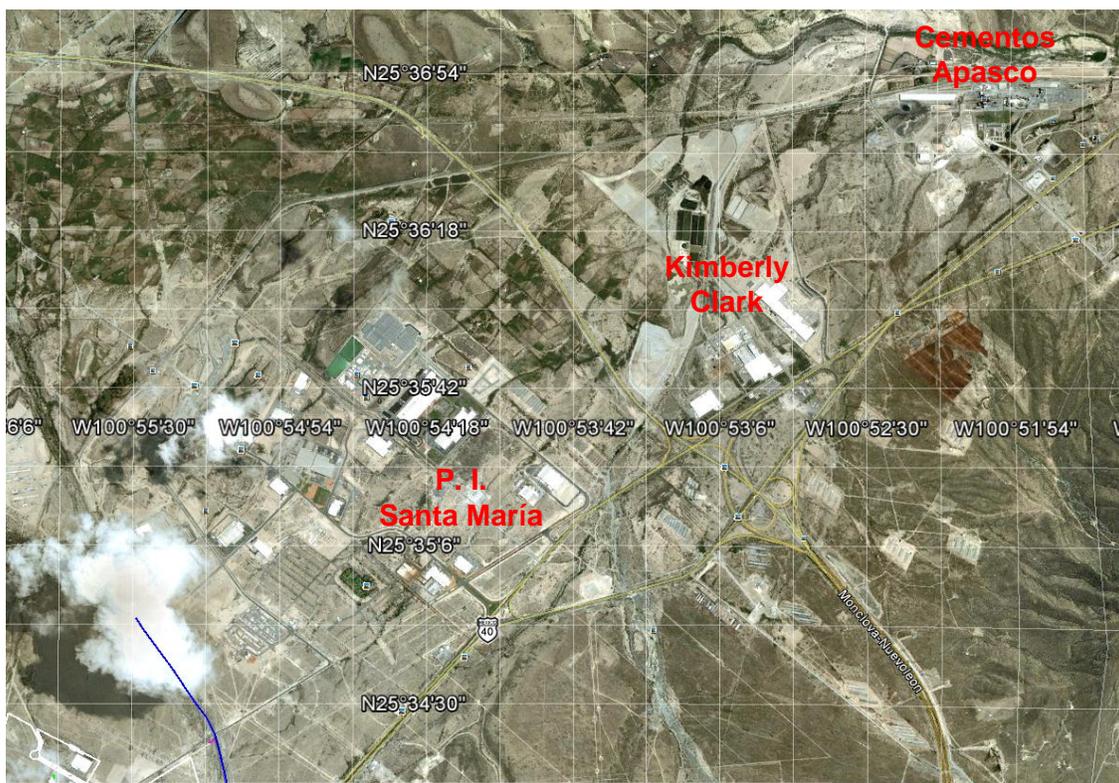


Foto 4.4.- Parque Industrial Santa María y plantas de Kimberly Clark y Cementos Apasco.

- Las aguas residuales del parque industrial FINSA (Foto 4.5) se descargan a un cauce federal (Arroyo El Pueblo). Las del Complejo Automotriz de la General Motors de México y de la Planta de Motores de Chrysler descargan al arroyo La Encantada.

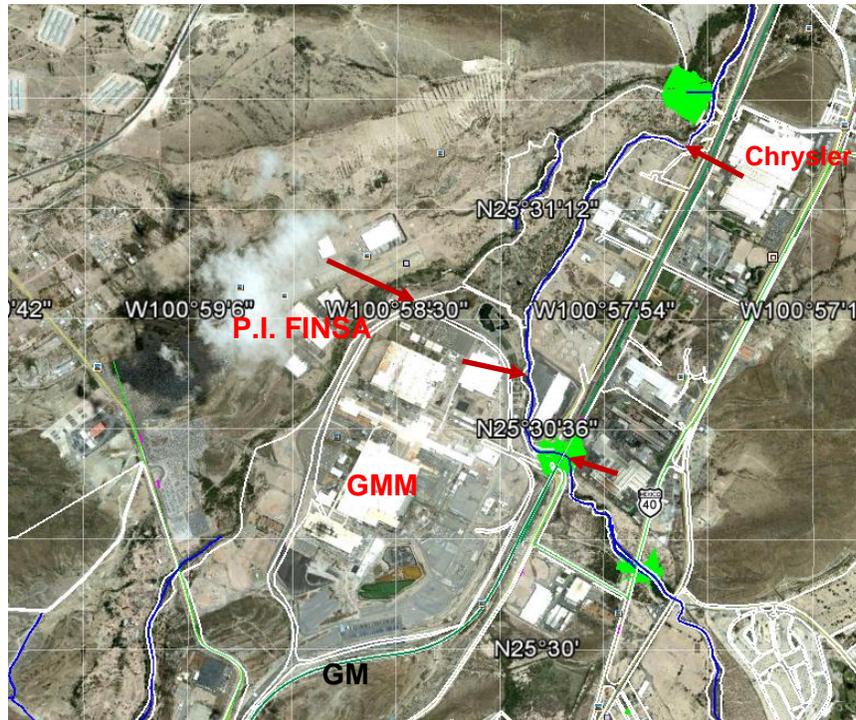


Foto 4.5.- Localización del parque industrial FINSA (que descarga al arroyo El Pueblo, y de las empresas General Motors, DeAcero y Chrysler (que descargan al arroyo La Encantada)

- Las empresas Química y Farmacia y Macimex hacen sus descargas a colectores municipales.
- A los arroyos El Pueblo/La Encantada descargan también otras empresas de Saltillo y Ramos Arizpe que no están localizadas en parques industriales, y varios fraccionamientos de las dos ciudades, los cuales –indebidamente- no tienen todavía conexión a los colectores municipales.
- En Ramos Arizpe la descarga de los efluentes de restaurantes de la ciudad ha originado problemas de grasas en los colectores, y concentraciones relativamente altas en el influente a la planta tratadora municipal.
- SAPARA cuenta con registros –geo-referenciados- de las descargas industriales a los colectores de la ciudad.

Para concluir su entrevista, el Biol. López indicó que:

- El municipio de Ramos Arizpe es el responsable directo del control de las descargas que se hacen a su sistema de alcantarillado, según lo establece el artículo 88 de la Ley de Aguas Nacionales:

ARTICULO 88.– ... *El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los Estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.*

- A su juicio, Ramos Arizpe es un municipio pequeño con una problemática de aguas residuales muy grande, la cual se ha dejado crecer. Es necesario dar a este problema la importancia que se merece, para evitar que se agraven en el futuro los problemas de contaminación ambiental que ya son evidentes.

4.3.2 Entrevista con el Ing. Michel Delgado, de la empresa Domus-Aqua, encargado de la planta tratadora de Ramos Arizpe

El Ing. Michel Delgado proporcionó la siguiente información sobre las descargas de aguas residuales en Ramos Arizpe:

- Aunque el municipio extrae de sus pozos alrededor de 200-240 Lps, sólo están llegando a la planta tratadora alrededor de 80 Lps.
- La PTAR de Ramos Arizpe trata únicamente aguas residuales domésticas. Las industrias tienen prohibido descargar a los colectores de SAPARA, aunque algunas lo hacen. Por ejemplo, Fersinsa descarga ocasionalmente al colector doméstico micelios de penicilina. Se ven enjambres de moscas cuando se hace esta descarga, y también aumentan la DBO₅ y la DQO. Esto fue muy frecuente en el 2010, y menos en el 2011.
- Las empresas del Parque Industrial Pydeco (Saltillo-Ramos Arizpe) consumen alrededor de 30-40 Lps. Las aguas residuales de estas empresas se descargan al arroyo, la mayor parte sin recibir ningún tratamiento.
- En el Parque Industrial Santa María existen algunas plantas tratadoras de aguas residuales, p.ej. la de la empresa Magna.

Con respecto al efluente de la planta tratadora, el Ing. Delgado nos informó:

- En la actualidad se descarga al arroyo la mayor parte del agua tratada.
- La empresa DOMUS Aqua hace cobros mensuales al Mpio. de Ramos Arizpe, de acuerdo a los metros tratados de agua residual, en base a la lectura del medidor de flujo a la entrada de la planta. También existen cláusulas en el contrato que firmaron DOMUS y el Mpio. que estipulan la calidad del agua residual cruda y tratada.
- DOMUS Aqua ha vendido pipas de agua tratada a varias empresas, p.ej. a la Constructora Urbi, para riego de áreas verdes, y a constructores de carreteras (p.ej. para la prolongación de la autopista Monterrey-Saltillo en Ramos Arizpe, la cual pasa al lado poniente de la planta).
- Desde agosto del 2011, DOMUS Aqua firmó un contrato con la empresa DeAcero del Norte, para la venta de 40 Lps por segundo de agua residual tratada de la PTARM de Ramos Arizpe. En la negociación participaron Domus Aqua y el municipio. Se consideraron las cuatro opciones siguientes: a) con y sin línea de conducción desde la tratadora hasta la planta de DeAcero del Norte (localizada en el ejido Mesón del Norte); y b) con y sin tratamiento terciario. En la planta tratadora, De Acero instalará un tanque

para almacenamiento temporal de agua tratada, a 10 metros de altura. El agua fluirá por gravedad desde este tanque, a través de una tubería –construida por DeAcero- de 8” de diámetro, con una longitud de 2 kilómetros.

- Existe otro cliente en puerta para el agua tratada de Ramos Arizpe: la compañía que provee de gases a DeAcero. Aparentemente ellos pretenden comprar otros 40 Lps.
- De acuerdo con el contrato firmado con el Mpio. de Ramos Arizpe, Domus Aqua no puede vender toda el agua tratada. Se debe seguir tirando al arroyo 5% del volumen que se trata, y reservar 3% para el municipio (el cual usaría parte de esta agua para uso en el Vivero Municipal que se construirá en la vecindad de la planta tratadora, con un área de 200 x 300 metros = 6 hectáreas).

Durante la entrevista pudo constatar que a la PTAR de Ramos estaban llegando sólo 58 Lps de aguas residuales. Aparentemente la razón es el desvío ilegal de parte de las aguas residuales de la ciudad a terrenos de cultivo, a partir de agosto/septiembre de 2011.

4.3.3 Ing. Román Gutiérrez, encargado de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales en el Complejo Automotriz Ramos Arizpe (CRA) de la General Motors de México

Comentó el Ing. Gutiérrez que el equipo de ósmosis (OI) instalado en el CRA para el reúso de aguas residuales tratadas (después de sendos tratamientos físico-químicos para los efluentes de las plantas de Ensamble y Motores/Transmisiones, y tratamiento biológico con un bio-reactor de membranas –MBR-) ha estado operando bien. Hace mucho tiempo que no se compran membranas nuevas para este equipo; las membranas viejas se sustituyen por las que se dejan de usar en los equipos de ósmosis de pozos. Las membranas de OI de reúso no se han cambiado en tres años.

Las grasas y aceites constituyen el problema de ensuciamiento de las membranas de MBR y OI de reúso. Las membranas de OI de reúso se lavan cada fin de semana, con sosa cáustica a 45-50° C. Este lavado restaura el flujo de producto a 30 gpm, aproximadamente, valor cercano al de diseño. Para las membranas de MBR se usa ocasionalmente un jabón alcalino (P-67). Las membranas de OI de pozo se lavan una vez al año.

En relación a los costos del agua de los sistemas de pozo o y de reúso, el Ing. Gutiérrez nos informó:

- El costo del agua de pozo, incluyendo pago de derechos a la Conagua (\$13.67/m³) y el tratamiento, es de \$25/m³ aproximadamente.
- El costo de agua de reúso es de \$15-18/m³, incluyendo MBR.

GM de México estaría dispuesto a considerar la posibilidad de intercambiar agua de pozo por agua de reúso de la Planta Principal de Saltillo –con tratamiento terciario-, tanto para llenar la laguna Tocal, la cual ha estado últimamente muy vacía y para procesos industriales.

4.3.4 Ing. Homero Ortiz, Gerente de Ingeniería de la planta de Kimberly Clark (KC) en Ramos Arizpe

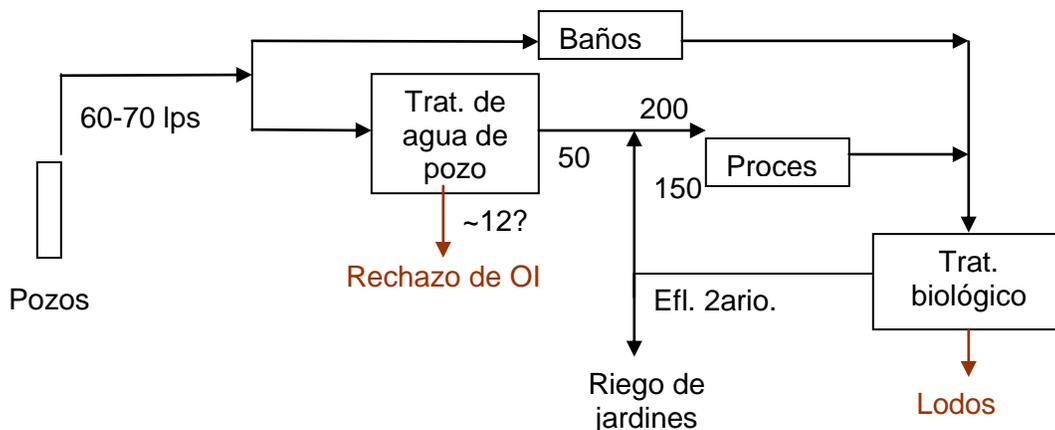
Los usos principales del agua en la planta de KC son: enfriamiento y procesos.

El agua de los pozos de KC tiene las siguientes características: SDT: 638 mg/L, conductividad: 957 μ mhos/cm, alcalinidad total (M): 196 mg/L, dureza total: 548 mg/L como CaCO_3 , dureza de calcio: 412 mg/L como CaCO_3 , sulfatos: 600 mg/L, pH: 8.25.

Saben que el Mpio. de RA está extrayendo agua para suministro a la población de la misma zona - San José de los Nuncios- que la planta de KC (a 1 km. aproximadamente).

KC tiene instalado un sistema de tratamiento para el agua de pozo, que incluye: suavización y ósmosis inversa, la cual tiene un rechazo de 20%.

Fig. 4.1.- Diagrama esquemático de uso de agua en la planta de KC en RA (Flujos en Lps)



El permeado de OI se usa en procesos; para sanitarios usan agua de pozo; para beber, agua de botellón.

El consumo total de agua en KC es de alrededor de 200 Lps, de los cuales 60-70 Lps son de agua fresca (de pozo). La planta no descarga aguas residuales, las trata y reusa para riego de aguas verdes y para procesos. La recirculación de agua residual industrial es del orden de 75%.

La planta de KC tiene un laboratorio interno, no certificado, para análisis de agua, y contratan a un laboratorio certificado de Monterrey, para los casos en que se requiere.

4.3.5 Ing. Omar Vizcarra, de la planta de Cementos Apasco en Ramos Arizpe

El Ing. Vizcarra informó que han tenido acercamientos con las plantas tratadoras de Saltillo y Ramos Arizpe para la compra de aguas residuales tratadas, y que hicieron llegar sendas cartas de intención a los dos municipios. Cementos Apasco no tiene problemas con la calidad de agua de ninguna de las plantas, aunque la Principal de Saltillo es mejor que la de la PTARM de Ramos Arizpe. El uso principal del agua de reúso sería en procesos de enfriamiento

El municipio de Ramos ofreció llevarles el agua tratada en pipas, pero le sale muy caro a Cementos Apasco.

El agua de los dos pozos profundos que usan ahora tiene muchas sales y dureza, y se somete a un sistema de tratamiento que incluye suavización con cal / soda

Los análisis de agua de los pozos de la empresa, realizados por el laboratorio FASIQ Internacional, S.A. de C.V. arrojaron los siguientes resultados:

- Pozo 1: SDT: 2510 mg/l, conductividad: 2430 μ S/cm, dureza de Ca: 368 mg/L.
- Pozo 2: SDT: 1034 mg/l, conductividad: 1174 μ S/cm, dureza de Ca: 212 mg/L.

El agua del pozo 1 (que es más profundo y tiene peor calidad que la del 2) se usa principalmente para proceso (después de suavizar el agua). El agua del pozo 2 se utiliza para riego de vegetación.

Para riego usan actualmente 12,390 m³/mes (413 m³/día promedio = 4.8 Lps). Pagan a Conagua alrededor de 2 millones de pesos al año por este concepto.

El volumen de agua de reúso que estarían interesados en comprar es de 15,000 m³/mes o 5.8 Lps en promedio (la variación mensual es de 6,000-20,000 m³ o 2.3-7.7 Lps).

La distancia de la planta de Cementos Apasco a la PTARM Principal de Saltillo es de 13-14 km; y de 5 km. a la de Ramos Arizpe.

5. CUMPLIMIENTO DEL AGUA DE LAS PLANTAS TRATADORAS PRINCIPAL DE SALTILLO Y LA DE RAMOS ARIZPE CON LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS PARA REÚSO DE AGUAS RESIDUALES

Al igual que el capítulo 4, en estas secciones el estudio se concentra en las aguas residuales tratadas de la Planta Principal de Saltillo y la de Ramos Arizpe.

5.1 Planta Principal de Saltillo

5.1.1 Cumplimiento con las normas de descarga

La calidad del agua tratada en la Planta Tratadora Principal de Saltillo (Tabla 5.1) cumple con los requerimientos de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para ríos que se utilizan para riego agrícola, pero ocasionalmente ha sobrepasado los de la norma NOM-003-SEMARNAT-1997 para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, en lo que a DBO₅, SST y coliformes fecales se refiere.

Tabla 5.1- Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora Principal de Saltillo y su cumplimiento con las normas NOM-001 y NOM-003

Parámetro	Unidades	Límites de la norma NOM-001		Límites de la norma NOM-003		Rango 2009-2012
		P.M.	P.D.	C.D.	C.I.	
DBO ₅	mg/L	150	200	20	30	8-56
SST	mg/L	150	200	20	30	6-35
DQO	mg/L	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	43-287
pH	Un. pH	5.0	10.3	N.A.	N.A.	7.4-8.0
Conductividad	μSiemens/cm	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1245-2693
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1,000	2,000	240	1000	19-1150
Huevos de helminto	h/L	≤ 1	≤ 5	≤ 1	≤ 5	0
Metales pesados*		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	
Arsénico	mg/L	0.2	0.4	0.2	0.4	<0.2
Cadmio	mg/L	0.5	0.1	0.5	0.1	<0.5
Cianuro	mg/L	2.0	3.0	2.0	3.0	<2.0
Cobre	mg/L	4	6.0	4	6.0	<4
Cromo	mg/L	0.5	1.0	0.5	1.0	<0.5
Mercurio	mg/L	0.005	0.01	0.005	0.01	<0.005
Níquel	mg/L	2	4	2	4	<2
Plomo	mg/L	5	10	5	10	<5
Zinc	mg/L	10	20	10	20	<10

* Medidos de manera total.

P.D. = Promedio Diario

P.M. = Promedio Mensual

N.A. = No es aplicable

C.D. = Contacto directo

C.I. = Contacto indirecto u ocasional

5.1.2 Cumplimiento con el contrato celebrado con el municipio de Saltillo

La empresa Ideal Saneamiento de Saltillo (ISASAL), que ha estado operando las PTARM Principal y del Gran Bosque Urbano desde el inicio, tiene un contrato firmado con el Municipio de Saltillo, en el que se compromete a respetar los límites indicados en la tabla 5.2 para la calidad del efluente secundario de la Planta Principal, siempre que las concentraciones en el influente estén por debajo de las establecidas en la misma tabla. Los valores de DBO₅ en el efluente ocasionalmente han sobrepasado el valor garantizado en el anexo 9 del Contrato que se firmó entre Isasal (la compañía que construyó y opera la planta) y el Mpio. de Saltillo.

Tabla 5.2- Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora de Principal de Saltillo y su cumplimiento con los límites establecidos en el contrato celebrado entre el Ayuntamiento e ISASAL

Parámetro	Unidades	Límites establecidos en el contrato				Rango efluente 2009-2012
		Influente	Efluente – Dis.		Efluente - garantizado	
			P.M.	P.D.		
DBO ₅	mg/L	340	150	200	44	8-56
DBO ₅ soluble	mg/L	160	N.A.	N.A.		
SST	mg/L	370	150	200	40	6-35
Sólidos sedimentables	mL/L	5	1	2		
DQO total	mg/L	730	N.A.	N.A.		43-287
Grasas y aceites	mg/L	125	15	25		
pH	Unid. pH	7.0	N.A.	N.A.		7.4-8.0
Conductividad	μSiemens/cm	N.A.	N.A.	N.A.		1245-2693
Nitrógeno total	mg/L	65	40	60		
Fósforo total	mg/L	10	20	30		
Fósforo-PO ₄	mg/L	8				
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1.7E+08	1000	2000		19-1150
Huevos de helminto	h/L	4	<5	<5		
Parámetro	Unidades	Límites establecidos en el contrato				Rango efluente 2009-2012
		Influente	Efluente – Dis.		Efluente - garantizado	
			P.M.	P.D.		
Metales pesados*						
Arsénico	mg/L	0.03	0.2	0.4	-	<0.2
Cadmio	mg/L	0.03	0.2	0.4	-	
Cianuro	mg/L	0.01	2.0	3.0	-	<2.0
Cobre	mg/L	0.10	4.0	6.0	-	<4
Cromo	mg/L	0.10	1.0	1.5	-	<0.5
Mercurio	mg/L	0.001	0.01	0.02	-	<0.005
Níquel	mg/L	0.10	2.0	4.0	-	<2
Plomo	mg/L	0.20	0.5	1.0	-	<5
Zinc	mg/L	0.40	10	20	-	<10

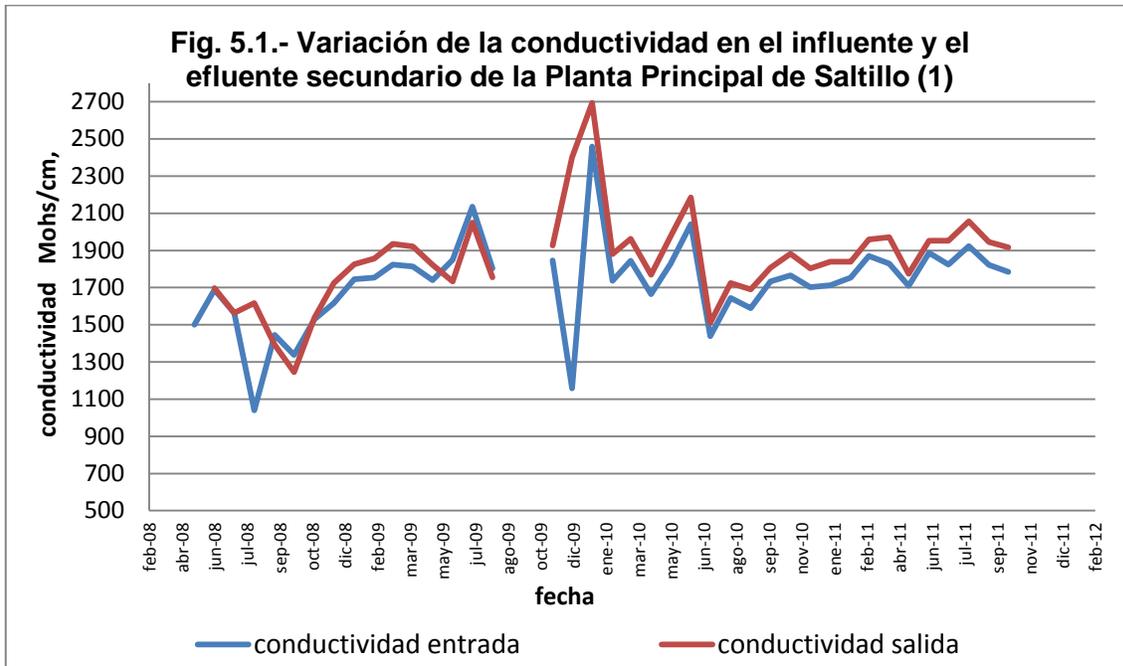
P.M.: Promedio Mensual

P.D.: Promedio Diario

El reporte “Calidad de Agua en el Influyente y Efluente de las Plantas Tratadoras de Saltillo y Ramos Arizpe”, que se presenta en los Anexos A, B y C del documento de la primera etapa del proyecto “Plan Integral de reúso de las aguas residuales municipales tratadas (ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga”, contiene información más detallada sobre algunos de los parámetros en el influente y el efluente de la PTARM Principal de Saltillo.

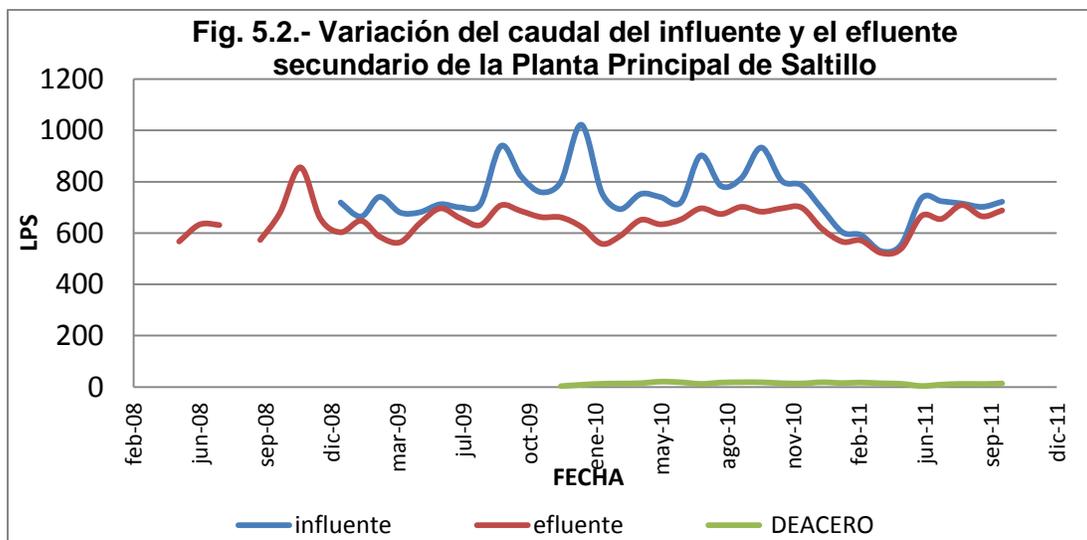
Dos de los parámetros que preocupan más a los industriales, son: a) el contenido de sales o sólidos disueltos totales -de los cuales la conductividad es una buena medida- y el flujo de agua.

La conductividad del influente –y por lo tanto del efluente- ha variado mucho en los más de cuatro años que tiene en operación la PTARM Principal (entre 1040-2459 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el influente y entre 1245-2693 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el efluente secundario), pero en el 2011 estuvo relativamente estable (entre 1702 y 1924 para el influente y 1774-2056 para el efluente secundario).



(1) Esta gráfica se tomó del reporte mencionado en el párrafo anterior.

El caudal del influente a la PTARM Principal de Saltillo ha estado en el rango de 529-1,022 Lps, y el del efluente en 522-856 Lps (Fig. 5.2). Estos valores son muy bajos comparados con la extracción de agua de pozos que realiza el organismo operador de la ciudad –del orden de 1,500 Lps-.



(1) Esta gráfica se tomó del reporte mencionado en la página anterior.

5.2 Planta de Ramos Arizpe

5.2.1 Cumplimiento con las normas de descarga

La calidad del agua tratada en la planta tratadora de Ramos Arizpe (Tabla 5.3) cumple con los requerimientos de la norma NOM-001-SEMARNAT para ríos que se utilizan para riego agrícola, pero ocasionalmente ha sobrepasado los de la norma NOM-003-SEMARNAT-1997 para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, en lo que a DBO₅, SST y coliformes fecales para contacto directo, y sólo el límite de DBO₅ para contacto indirecto.

Tabla 5.3- Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora de Ramos Arizpe y su cumplimiento con las normas NOM-001 y NOM-003

Parámetro	Unidades	Límites de la norma NOM-001		Límites de la norma NOM-003		Rango 2009-2012
		P.M.	P.D.	C.D.	C.I.	
DBO ₅	mg/L	150	200	20	30	1-41
SST	mg/L	150	200	20	30	4-30
DQO	mg/L	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	10-149
pH	Un. pH	5.0	10.3	N.A.	N.A.	6.3-7.5
Conductividad	μSiemens/cm	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1976-2387
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1,000	2,000	240	1000	2-890
Huevos de helminto	h/L			≤ 1	≤ 5	
Metales pesados*		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	
Arsénico	mg/L	0.2	0.4	0.2	0.4	<0.2
Cadmio	mg/L	0.5	0.1	0.5	0.1	<0.5
Cianuro	mg/L	2.0	3.0	2.0	3.0	<2.0
Cobre	mg/L	4	6.0	4	6.0	<4
Cromo	mg/L	0.5	1.0	0.5	1.0	<0.5
Mercurio	mg/L	0.005	0.01	0.005	0.01	<0.005
Níquel	mg/L	2	4	2	4	<2
Plomo	mg/L	5	10	5	10	<5
Zinc	mg/L	10	20	10	20	<10

* *Medidos de manera total.*
P.D. = Promedio Diario
P.M. = Promedio Mensual
N.A. = No es aplicable
C.D. = Contacto directo
C.I. = Contacto indirecto u ocasional

5.2.2 Cumplimiento con el contrato celebrado con el municipio de Ramos Arizpe

La empresa Domus-Aqua, que ha estado operando la PTARM de Ramos Arizpe desde el inicio, firmó un contrato con el Municipio de Ramos Arizpe, en el que se compromete a respetar los límites indicados en la tabla 5.4 para la calidad del efluente secundario y del agua de reúso, siempre que las concentraciones en el influente estén por debajo de las establecidas en la misma tabla.

Tabla 5.4- Calidad del efluente secundario de la Planta Tratadora de Principal de Saltillo y su cumplimiento con los límites establecidos en el contrato celebrado entre el Ayuntamiento y Domus-Aqua

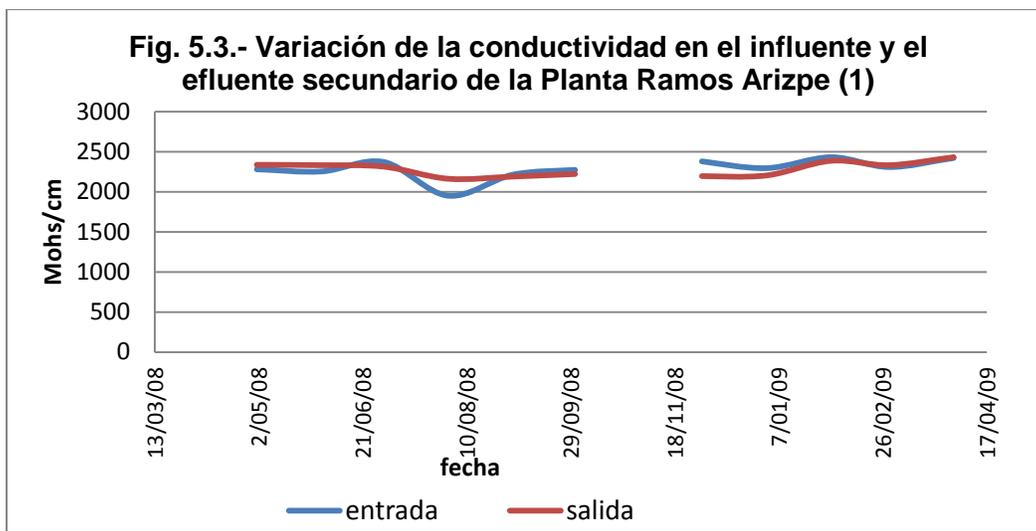
Parámetro	Unidades	Límites establecidos en el contrato					Rango efluente 2009-2012
		Influente	Efluente		Agua para reúso		
			PM	PD	PM	PD	
DBO ₅	mg/L	360	75	100	4	5	1-41
SST	mg/L	280	75	100	4	5	4-30
Sólidos sedimentables	mL/L	4	0.1	0.2	0.1	0.2	
DQO	mg/L	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	10-149
Grasas y aceites	mg/L	30	15	25	1	2	
Nitrógeno total	mg/L	65	40	60	8	10	
Fósforo total	mg/L	12	12	30	10	12	
pH	Unid. pH	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	6.3-7.5
Conductividad	µSiemens/cm	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1976-2387 (1)
Coliformes fecales	NMP/100 mL	2 x 10 ⁷	1000	2000	10	20	2-890
Huevos de helminto	h/L	3	1	1	0	0	
Metales pesados*							
Arsénico	mg/L	0.004	0.004	0.4	0.004	0.4	<0.2
Cadmio	mg/L	0.090	0.090	0.4	0.090	0.4	<0.5
Cianuro	mg/L	0.094	0.094	3.0	0.094	3.0	<2.0
Cobre	mg/L	0.470	0.470	6.0	0.470	6.0	<4
Cromo	mg/L	0.070	0.070	1.5	0.070	1.5	<0.5
Mercurio	mg/L	0.006	0.06	0.02	0.06	0.02	<0.005
Níquel	mg/L	0.680	0.680	4.0	0.680	4.0	<2
Plomo	mg/L	0.140	0.140	1.0	0.140	1.0	<5
Zinc	mg/L	0.880	0.880	20	0.880	20	<10

(1) *No se tiene información actualizada al 2011.*

Como puede apreciarse de la tabla anterior, el efluente secundario de la PTARM de Ramos ha cumplido con los límites establecidos para todos los parámetros en el contrato para el efluente secundario, pero no siempre para DBO₅, SST y coliformes en el agua de reúso.

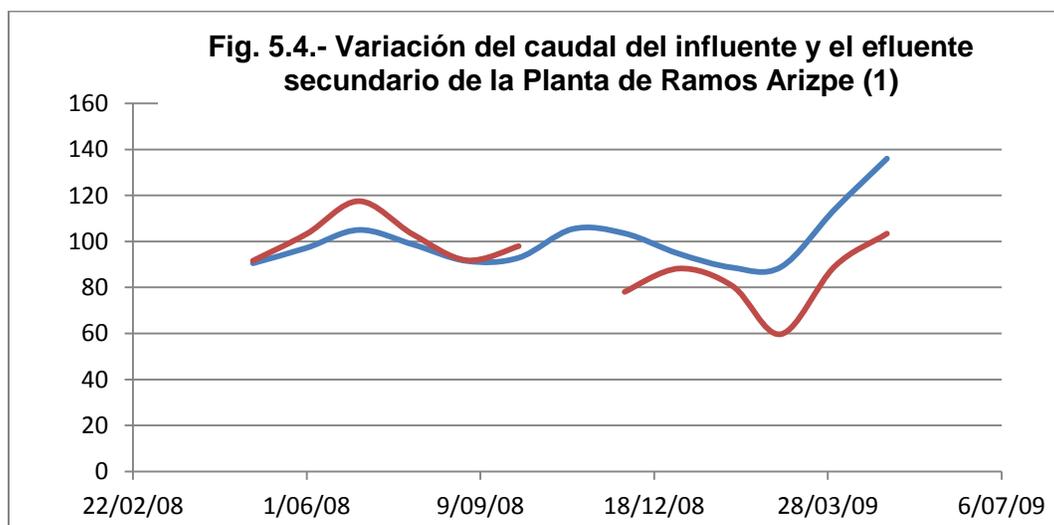
La conductividad, que es un parámetro que preocupa mucho a los industriales, no ha variado mucho en los más de cuatro años que tiene en operación la PTARM de Ramos

Arizpe (entre 1951-2432 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el influente y entre 1976-2387 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el efluente secundario) (Fig. 5.3), pero es muy alto para buena parte de las aplicaciones industriales, y más alto que el de la PTARM Principal de Saltillo.



(1) Esta gráfica se tomó del reporte mencionado en la página 57. No se tiene información actualizada al 2011.

El caudal del influente a la PTARM de Ramos Arizpe ha estado en el rango de 60-105.4 Lps, y el del efluente en 60-118 Lps. Estos valores son bajos en comparación con el suministro de agua de SAPARA a los usuarios domésticos (del orden de 120-150 Lps).



(1) Esta gráfica se tomó del reporte mencionado en la página 57. No se tiene información actualizada al 2011.

6. USO ACTUAL Y POTENCIAL DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LAS INDUSTRIAS DE RAMOS ARIZPE

6.1 Volúmenes de agua tratada que utilizan las empresas de Ramos Arizpe en la actualidad

Como se indicó en el capítulo 3, las industrias de mayor tamaño instaladas en la ciudad de Ramos Arizpe extraen su agua de abasto directamente de pozos propios; las empresas pequeñas la compran al sistema de agua de la ciudad. Muchas de ellas podrían usar aguas residuales tratadas, principalmente: a) para algunos de sus procesos industriales, p.ej. torres de enfriamiento, calderas, procesos productivos, colectores de polvos, etc., o b) para riego de áreas verdes y/o control de tolvaneras.

Actualmente la única industria que está utilizando agua residual tratada para reúso industrial es la empresa DeAcero, localizada en la vecindad de la planta tratadora Principal de Saltillo (Fig. 6.1), la cual tiene un contrato con este municipio para comprar 15 Lps de efluente terciario.

La empresa DeAcero del Norte, actualmente en construcción, ya firmó un contrato con las autoridades de Ramos Arizpe para comprar 40 Lps de agua residual tratada en la planta tratadora de este municipio.

6.2 Volúmenes potenciales de agua tratada que podrían utilizar las empresas de Ramos Arizpe

Con el fin de calcular los volúmenes potenciales de agua tratada que podrían utilizar las empresas de Ramos Arizpe: a) se revisó la información disponible en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), en el que se indican los derechos de extracción de las empresas que tienen registrados pozos de agua, y b) se solicitó información a SAPARA sobre los volúmenes que venden a las mismas, y se buscaron datos en otros reportes y tesis.

La tabla 3.1 y 3.2, presentadas en el capítulo 3, contienen la información de los volúmenes concesionados y los consumos de agua de algunas empresas importantes de la zona que tienen pozos propios, en el periodo 1993-2000. Lo que falta conocer es cuánta agua residual tratada estarían dispuestos a utilizar las empresas, y el grado de tratamiento requerido en cada caso.

De los 250 Lps aproximadamente que tienen concesionados las empresas de la región, no todos se están utilizando en la actualidad, y no todos se podrían sustituir por aguas residuales tratadas, ya que parte del agua de abasto se utiliza para consumo humano.

Un cálculo preliminar permite suponer que el uso total de aguas residuales tratadas por parte de las industrias actualmente instaladas que tienen concesiones para extracción de agua del subsuelo, no sobrepasaría 150 Lps.

La Fig. 6.1 muestra la localización de los principales usuarios potenciales de ARMT en Ramos Arizpe.

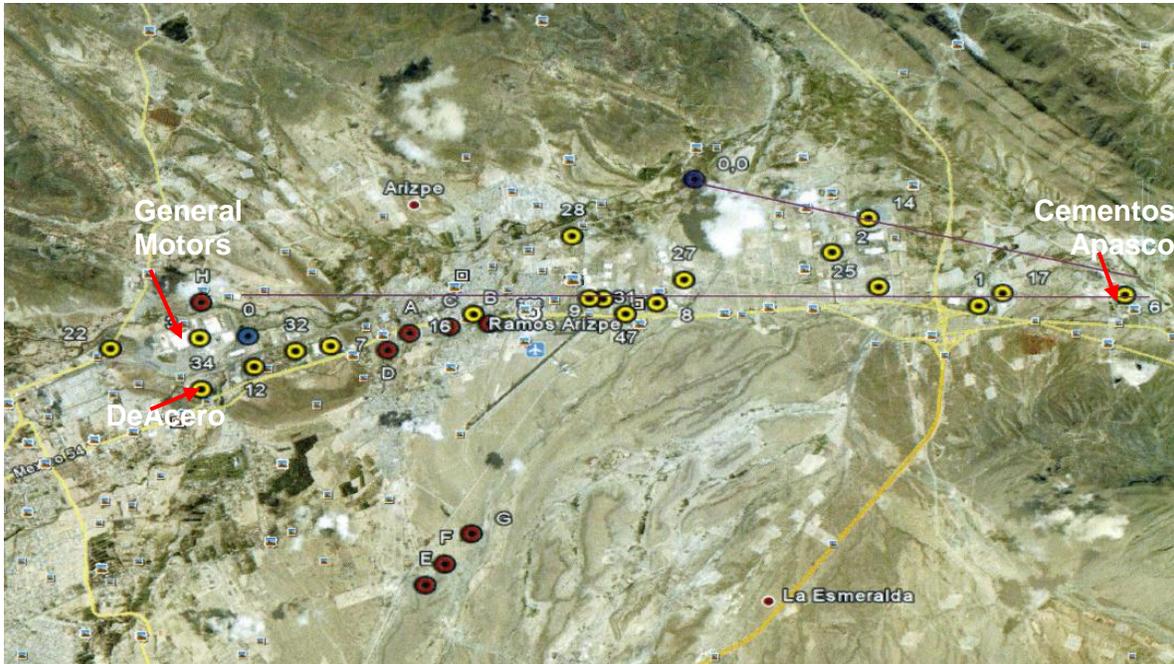


Foto 6.1.- Localización de las principales industrias localizadas en Ramos Arizpe que podrían utilizar aguas residuales tratadas

Según comentó el Ing. Michel Delgado, las aguas ARMT de Ramos Arizpe están prácticamente vendidas en su totalidad, ya que –además del contrato que se firmó con DeAcero para su planta en Mesón del Norte, existe otra empresa, proveedora de gases para aquélla, que ha manifestado su interés en comprar 40 Lps del efluente de la planta de Ramos.

En cuanto a las aguas residuales tratadas en la planta Principal de Saltillo, se ha informado en diarios locales que:

- Existen 18 cartas de intención firmadas con igual número de empresas de Ramos Arizpe.
- Se espera que Congreso de Coahuila autorice la solicitud de crédito para construir la línea de conducción de la planta tratadora de aguas residuales de Saltillo, a las compañías de Ramos Arizpe que comprarán el agua terciaria.
- El precio que se ofrecerá a los industriales de Ramos Arizpe será mucho más barato, en relación al costo que pagan a la Comisión Nacional del Agua (Conagua).
- “El agua tratada es de calidad tres (tiene tratamiento terciario), lo que coloca a dicho líquido como el de mejor calidad que se trata en el estado de Coahuila, de acuerdo con la Semarnat y la Profepa”.
- La línea morada que se construirá en áreas federales.

La foto 6.2 muestra un posible trazo de la línea morada que se construiría para abastecer de aguas residuales municipales tratadas en la PTARM Principal de Saltillo a las industrias de Ramos Arizpe. Su punto final sería la planta de Cementos Apasco.

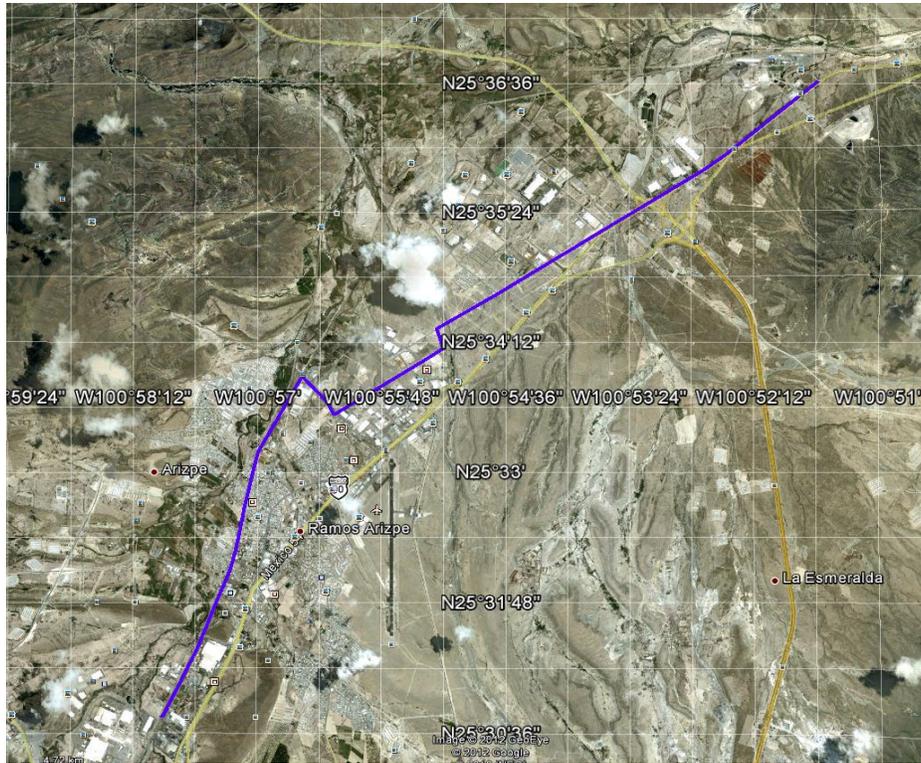


Foto 6.2.- Posible trazo de la línea morada para conducir aguas residuales tratadas a las industrias de Ramos Arizpe.

7. CONCLUSIONES

En las ciudades de Saltillo y Ramos Arizpe se encuentran ubicadas varios centenares de industrias. La mayor parte de ellas no consumen mucha agua, porque la disponibilidad del líquido en la zona nunca ha sido muy alta; son contadas las empresas con requerimientos relativamente altos de agua que se han establecido en la región; la mayoría han buscado otros lugares en donde el líquido es abundante.

El análisis presentado en este documento se concentró en las empresas localizadas en el municipio de Ramos Arizpe, ya que –por razones de topografía principalmente- se les puede hacer llegar el agua tratada sin necesidad de grandes requerimientos de bombeo. En cambio, para las empresas localizadas en el valle de Derramadero, al sur de Saltillo, la diferencia de altitud con Ramos Arizpe es del orden de 400 metros, lo cual encarecería mucho el gasto energético.

La extracción de agua de pozos por parte de las industrias de la región es del orden de 200 Lps (3.5% de la extracción total de los cuatro acuíferos regionales Saltillo-Ramos Arizpe, Cañón de Derramadero, Saltillo Sur y Región Manzanera-Zapalinamé). Del resto, la mayor parte (60% o casi 3,500 Lps) la usa el sector agropecuario, 32% (1850 LPs) los organismos operadores Agsal, SAPARA y SIMAS-Arteaga, y el 5% restante (alrededor de 280 Lps) otros usuarios.

En Ramos Arizpe, las industrias consumen no más de 200 Lps de agua de sus propios pozos y menos de 50 Lps del sistema de agua de la ciudad. Es decir, su consumo del líquido es igual o un poco superior a la extracción que hace SAPARA para fines domésticos.

En 2008 y 2009 empezaron a operar las tres plantas tratadoras de aguas residuales municipales de las dos ciudades (Principal y Gran Bosque Urbano en Saltillo y la de Ramos Arizpe), la Principal de Saltillo y la de Ramos Arizpe se encuentran ubicadas en el municipio de Ramos; la del Gran Bosque Urbano en el Mpio. de Saltillo. Las aguas tratadas en las dos plantas mencionadas –que podrían utilizarse para reúso industrial- cumplen con los estándares de tratamiento secundario, pero tienen contenidos de sales relativamente altos.

Las industrias instaladas en el norte de Saltillo y en Ramos Arizpe extraen de sus pozos aguas con contenidos altos de sales (de 1,500 a 2,500 mg/L de sólidos disueltos totales). Parte de ellas utilizan procesos de ósmosis inversa para reducir el contenido de sales en el agua que utilizan para enfriamiento, calderas, procesos industriales y aplicaciones de tipo doméstico. Estas industrias podrían reemplazar parte o la totalidad del agua que actualmente extraen de pozos por agua residual municipal tratada.

Para algunas industrias, el tratamiento secundario que actualmente se le da al agua residual podría no ser suficiente, pero la planta tratadora Principal de Saltillo se ha querido preparar para esta eventualidad mediante la instalación de un sistema de tratamiento terciario de 150 Lps de capacidad.

Actualmente el Mpio. de Saltillo vende a la compañía DeAcero, una cantidad de aguas residuales tratadas que ha fluctuado entre 4.0 y 20.8 Lps en 2010-2011, lo cual es una

cantidad mínima en comparación con los 1,200 Lps de capacidad y los 520-830 Lps que ha tratado la planta Principal en 2009-2011.

El Mpio. de Ramos Arizpe ya firmó un contrato con la compañía DeAcero, para vender 40 Lps del agua tratada en su PTARM a la planta de Fundición (DeAcero del Norte) actualmente en construcción, la cual está localizada en la vecindad de la tratadora de Ramos. Este flujo es aproximadamente la mitad de lo que ahora está tratando la PTARM de este municipio.

Según lo ha dado a conocer el Alcalde de Saltillo, ya se tienen compromisos y/o planes para comercializar al menos una porción relativamente importante del efluente de la planta tratadora Principal (150 Lps para 18 empresas localizadas en Ramos Arizpe). Las autoridades de Saltillo tendrían que hacer llegar el agua a las plantas de sus clientes potenciales, lo cual implica inversiones relativamente grandes en líneas de conducción y tanques de almacenamiento (Línea morada).

Se considera necesario desarrollar el potencial de reuso industrial para las aguas municipales tratadas de Saltillo y Ramos Arizpe, ya que hay mucho desconocimiento, tanto entre autoridades como industriales, sobre todos los aspectos del reuso de aguas residuales tratadas. Esto implica tener un buen conocimiento de los procesos industriales en los que se podrían usar estas aguas, conocer las calidades requeridas en cada uno de ellos, las medidas de seguridad que se deben tener en cuenta, y/o llevar a cabo pruebas para demostrar que el reuso de ART resulta conveniente desde los puntos de vista técnico y económico. El reuso de agua no sólo consiste en instalar una red para la transferencia de la misma.

Actualmente los industriales de la región están pagando a la Comisión Nacional del Agua \$13.67 por cada metro cúbico que extraen del subsuelo; además un buen número de ellos tienen que dar al agua de pozo un tratamiento relativamente costoso por ósmosis inversa. Si los municipios fijan tarifas del orden de \$6-8 por metro cúbico de agua tratada, podría despertarse el interés de empresas que estén dispuestas a considerar su utilización. Posiblemente deseen conservar sus derechos de extracción de agua, al menos hasta estar totalmente seguros de que el agua municipal tratada es una fuente confiable, y que no tiene efectos negativos significativos en sus procesos productivos. La venta de derechos podría representar un ingreso adicional para las empresas, pero es necesario elaborar cuanto antes los reglamentos de los acuíferos regionales, para evitar especulación con la venta de derechos, y evitar que se sigan sobreexplotando los acuíferos.

8. RECOMENDACIONES

Algunas de las recomendaciones que se hicieron en el documento sobre reúso agrícola de las aguas residuales tratadas también aplican en este caso, a saber:

- Conectar todas las descargas de los fraccionamientos de Saltillo y Ramos Arizpe, que en la actualidad se descargan al arroyo La Encantada sin tratamiento alguno, a los colectores que alimentan a las plantas tratadoras de aguas residuales de las dos ciudades. Estas plantas tienen todavía bastante capacidad disponible, en especial la Principal de Saltillo.
- Exigir a las industrias y parques industriales que den debido tratamiento a sus aguas residuales.
- Establecer un reglamento para el reúso de aguas residuales municipales tratadas.

Las recomendaciones específicas para el reúso industrial son:

- Establecer contactos con los usuarios industriales que sean usuarios potenciales del agua tratada, y determinar sus requerimientos en términos de volúmenes y calidad.
- Determinar si es necesario llevar a cabo pruebas para asegurar las calidades requeridas por diferentes industrias.
- Llevar a cabo las pruebas experimentales que sean necesarias.
- Desarrollar procedimientos para el uso seguro de aguas residuales tratadas en las plantas industriales.

9. REFERENCIAS

- Aguas de Saltillo (2003 a 2010, Memorias Anuales de la empresa e información obtenida a través de solicitudes de información.
- Aguilera, Elsa y Alfredo Valdés (2012), Reporte “Calidad de Agua en el Influyente y Efluente de las Plantas Tratadoras de Saltillo y Ramos Arizpe”, Anexos A, B y C del reporte de la primera etapa del proyecto “Plan Integral de reúso de las aguas residuales municipales tratadas (ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga”.
- Comisión Estatal de Agua y Saneamiento –CEAS- de Coahuila (2004-2009), Informes sobre la Situación de Agua en el Estado.
- Conagua-2002, “Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Saltillo-Ramos Arizpe”, Conagua (2002); “Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Cañón del Derramadero”, Conagua (2002); “Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Región Manzanera-Zapalinamé, Estado de Coahuila”, Conagua (2002); “Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Región General Cepeda-Sauceda, Estado de Coahuila”, Conagua (2002). Los estudios anteriores están disponibles en la página web de Conagua, en los enlaces [http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?id=Disponibilidad por acuifero](http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?id=Disponibilidad%20por%20acuifero) Agua subterránea|0|62|0|0|0. Seleccionar Coahuila y el acuífero correspondiente.
- Conagua-2009, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos”; Diario Oficial de la Federación, viernes 28 de agosto de 2009, Segunda Sección.
- Flores, Javier (12/12/2011), nota de prensa titulada “Buscan empresas el agua de Saltillo”, publicada en el periódico Zócalo de Saltillo.
- IRCA Consultores (2010), “Manifiesto de Impacto Ambiental de la Empresa DeAcero - Proyecto 3M Ramos Arizpe”.
- Mpio. de Ramos Arizpe (2004), “CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DEL SANEAMIENTO INTEGRAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE SALTILLO”, firmado entre el Mpio. de Saltillo y la empresa Ideal Saneamiento de Saltillo, obtenido por medio de una solicitud de información a través de InfoCoahuila.
- Mpio. de Ramos Arizpe (2007), “CONTRATO PARA LA CONCESIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA VENTA DEL AGUA TRATADA EN LA CIUDAD DE RAMOS ARIZPE, COAHUILA” firmado entre el Mpio. de Ramos Arizpe y la empresa DOMOS, obtenido por medio de una solicitud de información a través de InfoCoahuila.
- Stockholm International Water Institute – SIWI-, Mayo(17, 2001), Boletín de Prensa “General Motors Mexican Automobile Plant Wins Prestigious Stockholm Industry Water Award”

- Sierra Pérez, Juan (Septiembre 2007), “Ingeniería Básica de Planta de Tratamiento y Proyecto Ejecutivo de Línea de Conducción Mixta –Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila”, Tesis Profesional, México D.F.
- Tobón de Garza, Gloria (2002), “Premio Internacional ‘Agua en la Industria - Estocolmo 2001’ Otorgado Al Complejo Ramos Arizpe (CRA) de la General Motors de México (GMM)”, presentado en la reunión anual de la Sociedad Mexicana de Aguas, Monterrey, N.L., Marzo de 2002.