



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – SISTEMAS DE CALIDAD

**AGUA INDUSTRIAL TRATADA: UNA FUENTE IDÓNEA PARA
SUSTITUIR RECURSOS DE PRIMERA UTILIZACIÓN**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ISIS ADRIANA MUÑOZ MIRANDA

TUTOR
JESÚS ARTURO BUTRÓN SILVA
FACULTAD DE QUÍMICA

Ciudad Universitaria CDMX

Agosto 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

PRÓLOGO.....	6
<i>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</i>	9
ANTECEDENTES.....	12
OBJETIVO.....	13
JUSTIFICACIÓN.....	13
HIPÓTESIS.....	13
METODOLOGÍA.....	14
<i>CAPÍTULO II. GESTIÓN DEL PROYECTO.....</i>	16
NATURALEZA Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO (CONTEXTO).....	17
DISEÑO DE UN SISTEMA PARA REUTILIZACIÓN DE AGUA INDUSTRIAL TRATADA.....	21
MATRIZ DE CONTROL DEL PROYECTO.....	31
<i>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....</i>	34
EL AGUA EN NÚMEROS.....	35
SITUACIÓN MUNDIAL DEL AGUA.....	38
MÉXICO Y EL RECURSO HÍDRICO.....	45
PROCESO DE BEBIDAS CARBONATADAS.....	57
<i>CAPÍTULO IV. REFERENCIAS NORMATIVAS.....</i>	66
LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS NACIONALES.....	67
NORMAS INTERNACIONALES.....	73
<i>CAPÍTULO V. EJEMPLO PRÁCTICO, MEDICIÓN Y ANÁLISIS.....</i>	74
PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	75
CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA REGENERADA.....	83

<i>CAPÍTULO VI. PARTES INTERESADAS -REQUERIMIENTOS.....</i>	90
ENCUESTA DE MONITOREO DE LA OPINIÓN PÚBLICA.....	91
ANÁLISIS DE DATOS.....	92
<i>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....</i>	98
<i>ANEXO I. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....</i>	102
<i>LISTA DE TABLAS.....</i>	106
<i>LISTA DE GRÁFIC@S.....</i>	107
<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	108

Prólogo

El presente trabajo es el producto de mis estudios de maestría. Los cuáles realicé en las instalaciones de la UNAM y con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) gracias a que el programa y plan de estudios cuenta con su aval y respaldo. El cuerpo de la tesis engloba consulta literaria, conocimiento adquirido e ideas y propuestas; los sintetiza y detalla a la profundidad requerida del objetivo planteado.

La investigación tiene como propósito principal demostrar que, el efluente de agua residual tratada de la Industria de Bebidas Carbonatadas, es viable y confiable para su reutilización como servicio público.

El cuerpo del trabajo ejemplifica cómo se mudó de tener una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), que funcionaba para cumplir la norma federal aplicable y descargar el efluente al alcantarillado municipal, a un Sistema de Tratamiento de Agua Residual (STAR), que haciendo uso de herramientas de los Sistemas de Gestión y de Administración de la Calidad, su proceso de tratamiento tiene ahora el objetivo principal de hacer el agua apta para su reutilización.

¿Por qué el agua? Desde cualquier ángulo se puede apreciar que el agua es un recurso esencial en el desarrollo de la vida, la sociedad, la industria y la economía de cualquier población. Siendo parte de la composición física o recurso fundamental de un proceso de producción, el agua es un medio multiuso indispensable. Al ser un recurso multiuso, muchas son las formas de agotarlo y muchas también las de contaminarlo, dos razones base de los problemas actuales con respecto al agua; la demanda y la contaminación.

Aunque en más de 20 años se han generado eventos, congresos, normas y derechos en torno al agua, los avances prácticos contra la teoría generada resultan estar rezagados.

A nivel internacional se firman tratados, acuerdos y a niveles locales la regulación y normatividad –con parámetros y condiciones establecidos hace más de 10 años- sigue siendo, en amplio grado, deficiente e ineficaz para

cubrir las afectaciones e impactos actuales generados por los avances industriales, tecnológicos y el crecimiento poblacional.

Existe más de una razón por la cuál al día de hoy la Industria privada posee el privilegio de hacer uso de un bien público (el agua), sacar provecho de su uso y regresarlo como desecho industrial, pero satisfacer la demanda que la sociedad impone sobre sus productos es la bandera de su justificación. Como sociedad, ambicionamos y tomamos los recursos naturales sin un enfoque sostenible ni sustentable; somos creadores de desechos de todo tipo, seguimos generando nuevos agentes contaminantes y mayores masas de desechos, que rebasan en velocidad el avance a los métodos de desintegración, tratamiento y reúso. Por lo tanto, cualquier idea que permita tener agua en calidades tales de utilización debiera ser sujeta a investigación.

Pero, de nuevo ¿Por qué el agua? Aunque esté en auge que el acceso a este recurso provoca y puede generar conflictos sociales, es evidente que para nosotros los humanos es de increíble facilidad encontrar un tema por el cual generar fricción y alterar las relaciones sociales, pero a diferencia, el acceso al suministro de agua en condiciones adecuadas, limita las posibilidades de supervivencia y ni el dinero, ni el petróleo, ni armas, ni nada son de utilidad sin los humanos. Y los humanos no funcionamos sin agua.

Isis Adriana Muñoz Miranda.

Junio 2016.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Objetivo

Justificación

Hipótesis

Metodología

Aún sin tener una instrucción sobre el tema, se sabe que el agua es un elemento básico para vivir. A nadie le resulta nueva esta idea, se acepta mas bien como una verdad absoluta. La disponibilidad al suministro de agua es una necesidad fundamental y actualmente se considera como un *derecho humano*, “Es vital para la dignidad y la salud de todos los pueblos”¹. Las obligaciones relacionadas con el suministro de agua están implícitas en el desarrollo de cualquier sociedad, de toda forma que, a lo largo de la historia el progreso humano ha dependido del acceso al agua y de la capacidad de las sociedades para aprovechar el potencial del agua como recurso productivo. La viabilidad y fiabilidad de proveer el agua en cantidad y calidad adecuada para responder a las necesidades de la sociedad, se ven muy restringidas en la actualidad; el correr del tiempo, el crecimiento poblacional, la urbanización, los avances tecnológicos y desarrollos industriales, han marcado su huella presente y futura.

El tiempo es un parámetro crítico para el análisis del agua. El siglo XX ha sido testigo de un desarrollo sin precedente, ejerciendo presión (por varias vías) sobre los recursos hídricos, materializada en el gran aumento a su demanda y en la degradación de sus características naturales. Esto crea dos cuestiones básicas en la gestión del agua: ¿Por cuánto tiempo las fuentes existentes de agua pueden ser sostenibles y sustentables? ¿El problema de la escasez de agua es la falta del recurso o el mal uso y las fallas en la gestión del mismo?

Para todas las sociedades, la cantidad y calidad de éste recurso significa grandes diferencias en el bienestar y el desarrollo. A medida que se

¹ Annan Kofi, 2003. El texto original es “El agua es fundamental para la vida y la salud. La realización del derecho humano a disponer de agua es imprescindible para llevar una vida saludable, que respete la dignidad humana”.

degrada la calidad del agua y se alteran los ecosistemas naturales de los que depende la población y la vida, amenazamos la propia supervivencia.

Formamos parte de un gran sistema natural de intercambio de energía y materia. Somos organismos que requerimos agua.

Razones y propósitos del presente trabajo de investigación:

- 💧 Siendo el agua un recurso base para cualquier actividad productiva e industrial, directa o indirectamente, es importante identificar las opciones para optimizar el uso del recurso.
- 💧 Identificar los aspectos culturales que interfieren con la aceptación del agua tratada para su reutilización.
- 💧 Analizar la degradación de las características de calidad del agua que reducen su potencial de uso e incrementan el deterioro ambiental.

Debido a los diferentes desafíos y consideraciones que ofrece la situación actual referente a la reutilización de agua industrial tratada, es necesario integrar las percepciones del sector social, para perfilar el grado de aceptación y conciencia de la sociedad (lo cual se llevó a cabo mediante la realización de una encuesta pública).

El cuerpo de la tesis se organizó en siete capítulos, siendo el Capítulo I la Introducción. El Capítulo II refiere a la Gestión del proyecto de investigación. El capítulo III presenta el marco teórico. El capítulo VI hace mención a las referencias normativas, por la importancia que representan para el objetivo del proyecto de investigación. El capítulo V Identifica Ejemplos prácticos de reutilización. Los focos de responsabilidad, autoridades y las partes interesadas. El capítulo VI Desglosa los resultados de la encuesta pública. El capítulo VII presenta las Conclusiones.

Antecedentes

En nuestros días, existe un creciente interés en la reutilización de aguas industriales tratadas en muchas partes del mundo, esto, en respuesta a la creciente presión sobre el recurso hídrico, el abastecimiento y suministro fiable para la agricultura, la industria y la población.

La reutilización de aguas Residuales e Industriales tratadas tiene un recorrido de más de 60 años, pero no ha sido hasta principios del siglo XX que se vio como una acción necesaria de sustentabilidad. El desarrollo de programas y normas para el uso planeado de aguas residuales tratadas comenzó en Estados Unidos a principios del siglo XX; el estado de California, fue pionero en promover la recuperación de agua residual y la reutilización de ésta, promulgó la primera regulación del tema en el año de 1918.

Durante el segundo cuarto del siglo XX, el concepto de reutilización de aguas industriales tratadas, como medio alternativo de suministro de agua (en actividades que admitieran su calidad) se esparció por la Unión Europea, lo que dio lugar que en 1991, la Comisión de Comunidades Europeas, declarara: “El agua residual tratada deberá ser reutilizada siempre que sea apropiado. La disposición final deberá reducir al mínimo los efectos adversos al medio receptor².”

En nuestro país no existe, en la actualidad, una norma o regulación que obligue a la reutilización del agua residual tratada de la industria de ningún sector. Además, no existe ningún tipo de ayuda, medio, incentivo o

² Asano y Levine, 1991.

facilidad, para que el sector industria mejore sus sistemas de tratamiento o en su defecto, que haga uso (reúse) y/o aproveche en partes del proceso que admitan su calidad (recicle) sus aguas tratadas.

Objetivo

Exponer, mediante una estructura sistémica, que el efluente de agua industrial tratada de la Planta de Bebidas Carbonatadas, es apto para su reutilización en servicios que impliquen contacto directo con la población.

Hipótesis

Los parámetros de control de la calidad del agua tratada de la Industria de Bebidas Carbonatadas, cumplen con los requisitos normativos aplicables de forma sistemática, lo que la vuelve confiable y viable para la reutilización propuesta.

Justificación

El valor del agua, su costo y la competencia entre sus diferentes usos añaden una nueva dimensión a la consideración de los problemas hídricos presentes y futuros.

En México, las principales fuentes de contaminación del agua se clasifican en tres grupos de acuerdo con su procedencia:

1. Sector Social. Corresponde a las descargas de residuos de orden doméstico y público, que constituyen las aguas residuales municipales. El 60% de la población en nuestro país está concentrada en grandes ciudades, se calcula que el 57% de las aguas residuales

son generadas por la población, principalmente por las zonas localizadas de: La ciudad de México (23%), Monterrey (4.1%) y Guadalajara (4%)³.

2. Sector Industrial. Integrado por las descargas generadas de las actividades de extracción y transformación de recursos naturales usados como bienes de consumo y satisfactores para la población. Se estima, la Industria genera el 43% de las aguas residuales.

3. Sector agropecuario. Son los efluentes de las instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado y por las aguas de retorno de los campos agrícolas.

Con tantos usos e impactos y con el fin de entrar en una dinámica sustentable, se hace necesario generar medidas de mejora en la utilización y disposición del recurso, que una vez utilizado para su propósito inicial, debería ser ingresado a la sociedad con características de calidad viables para su posterior uso. **No convertirlo en un desecho industrial.** Es importante aprovechar el agua en todas las partes de su dinámica de proceso, incluida el agua de salida de las PTAR -con características que la hagan funcional para diversos servicios humanos-.

Metodología

Con el afán de llevar a cabo una investigación organizada se establece las siguientes etapas como cimientos del proyecto y se hace mención de los recursos y métodos utilizados.

³ SEMARNAT, 2010.

- a· Tipo de proyecto: Investigación, evaluación de las aguas residuales de la Industria de Bebidas Carbonatadas.
- b· Tipo de diseño: Analítico-Descriptivo
- c· Método: Empírico teórico.

Colección de información:

- a) Consulta literaria: Bibliografía, sitios web gubernamentales nacionales e internacionales e información proporcionada por la industria.
- b) Aplicación de una encuesta pública.

Etapas del Proceso de Investigación

1. Concebir la idea a investigar
2. Plantear el problema de investigación
 - a. Establecer objetivo de investigación
 - b. Desarrollar la pregunta de investigación
 - c. Justificar la Investigación
3. Elaborar el marco teórico
4. Definir si la investigación se inicia como:
 - a. Exploratoria
 - b. Descriptiva
 - c. Correlacional
 - d. Explicativa
5. Establecer el alcance de la investigación
6. Propuesta del guión (índice) y trabajo escrito
7. Recolección de datos
 - a. Elaborar el instrumento de medición (encuesta pública)
 - b. Aplicar del instrumento de medición
 - c. Crear un archivo de datos
8. Analizar los datos recopilados

9. Presentar resultados
10. Redactar el reporte de investigación (conclusiones)

La secuencia metodológica esta distribuída en cada uno de los capítulos que conforman el trabajo escrito.

Capítulo II

Gestión del Proyecto

- 2.1 Naturaleza y características del proyecto
- 2.2 Diseño de un Sistema para reutilización de agua industrial tratada.
- 2.3 Matriz de control del proyecto

“...la tierra no pertenece al hombre, es el hombre el que pertenece a la tierra”.

Jefe Seattle (Sioux) de la tribu Suwamish, 1854.

2.1 Naturaleza y características del proyecto

La actualidad social y la transformación que ha experimentado no sólo el país, sino el mundo en general a lo largo del tiempo, dónde la primera preocupación es el aumento en la población y todas las necesidades biológicas y sociales que esto provoca -y que tienen que solventarse-, obliga al desarrollo de proyectos prácticos que tengan resultados, si no inmediatos, sí a corto plazo. Cuya adecuada administración y control adquiere gran importancia debido a la actual presión social.

El aprovechamiento de aguas industriales tratadas, que actualmente se vierten a los cauces y mares, recibe cada vez mas atención como una fuente fiable de nuevos recursos, muy constante en el tiempo e independiente de los cambios climáticos cómo sequías. La regeneración de aguas (tratamiento) con su posterior reutilización son vistas ya como un conjunto unificado que supone un importante medio para mitigar la escasez de agua. Al principio, los proyectos de reutilización solían responder a un problema de contaminación, ahora, responden también a cuestiones económicas y de interacción con la sociedad para abatir problemas de falta de agua.

En cumplimiento al plan de estudios, el cuerpo de la tesis corresponde a un proyecto de investigación de interés profesional con impacto social y presenta cómo llevar a cabo el proyecto de Reutilización de aguas Industriales Tratadas bajo una estructura de Sistemas de Gestión.

Gracias a que la Ingeniería de Sistemas y los Sistemas de Administración de la Calidad poseen la bondad de tener alcances genéricos, sus teorías están alineadas -tanto como sea posible-, a ser compatibles con ideas de distintos ámbitos y ser incluyentes de proyectos que impacten en cualquier rama profesional. Puesto que es ahora más que nunca necesario, realizar proyectos que cumplan con las metas establecidas en el tiempo propuesto, para conducir un proyecto de forma exitosa se requiere que se dirija y controle de forma sistémica.

Existen varios métodos, guías, directrices y herramientas, que ayudan y proveen un soporte para la correcta gestión de proyectos; sin importar si son pequeños o muy grandes, simples o complejos, de corta o larga duración, desde un proyecto individual a un proyecto que forme parte de una cartera de proyectos⁴, y enfatizan variables específicas cómo:

- a) Enfoque a procesos
- b) Calidad del producto
- c) Cumplimiento a objetivos
- d) Mantenimiento y mejora continua
- e) Partes Interesadas (enfoque al cliente)

Estas herramientas proporcionan solamente una forma de orientación generalizada, por lo tanto, se hace necesaria cierta adaptación para adecuarse a un proyecto determinado.

Tomando en cuenta que, éste es un proyecto de investigación que plantea el proporcionar un servicio final (el suministro de agua tratada) y no está enfocado a la creación de procesos ni productos, existen etapas de los sistemas de gestión, cómo la Gestión de los Recursos y las etapas de Realización del Producto, que no son necesarias para los fines buscados.

⁴ ISO 10006:2003.

Luego entonces, del diagrama propuesto siguiente, nos ocupa la columna de Administración y el punto de Objetivos y Procedimientos de administración.

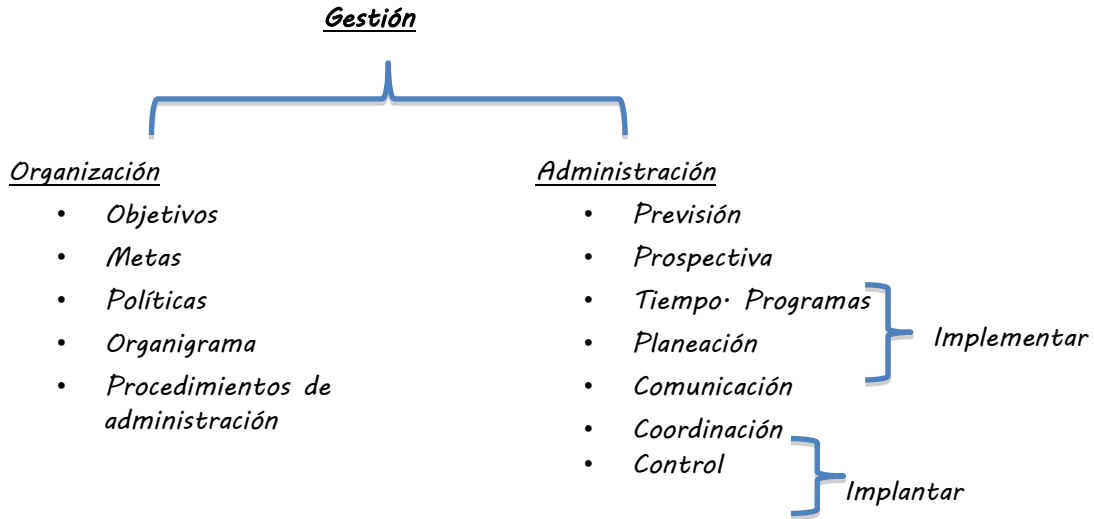


Gráfico 1. Diagrama de Gestión de la Calidad

Cabe diferenciar dos conceptos importantes: Gestión de un proyecto y Gestión de la calidad de un proyecto.

Gestión del proyecto

Ayuda en la construcción de proyectos con cimientos estables, claros y confiables. Identifica y acota los objetivos y los planes de acción. Evita la pérdida de tiempo y minimiza los reprocesos y los cambios. Tomando en cuenta las siguientes variables:

- a. Organización.
- b. Planificación
- c. Control
- d. Seguimiento

Gestión de la calidad del proyecto

Enfoca las acciones de gestión a los requerimientos del cliente. El cumplimiento, satisfacción y exceder sus expectativas. Utiliza métodos de monitoreo de la satisfacción lograda. Tomando en cuenta las siguientes variables:

- a) Administración del proyecto
 - a. Administración de la calidad del proyecto
 - b. Control de la calidad del producto⁵

El control de la calidad, es identificado como suministrar estándares de calidad para el producto⁶, métodos de monitoreo y control y establecer frecuencias de monitoreo.

Herramientas de Gestión Ambiental actuales.

Tienen como objetivo mejorar el desempeño ambiental con un ahorro de recursos dentro del marco legal aplicable. La identificación de impactos ambientales, objetivos y metas es en buen grado el trasfondo de su aplicación.

La Organización, aún cuando cuenta y cumple con sistemas de gestión ambiental que cubren en amplio grado lo relativo al desempeño ambiental de los procesos, productos y servicios proporcionados, tiene claro que, la idea de donar el efluente tratado a la comunidad va más allá del mero cumplimiento a la legislación vigente, ya que en la actualidad no existe ninguna norma que obligue a la reutilización de agua industrial tratada de empresas privadas.

⁵ ISO 9001:2008. Definición 3.4.2. Para el caso, el producto final es el agua regenerada que se desea donar a la población.

⁶ Juran. 1990.

2.2 Diseño de un sistema para reutilización de agua industrial tratada

En principio, para poder contar con el efluente en las condiciones necesarias y proponer el propósito de ésta tesis, se requirió una transformación de lo que era únicamente el proceso de tratamiento de agua residual. La PTAR, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, que se encuentra dentro de las instalaciones de la Organización, operaba con la finalidad de descargar los efluentes, en cumplimiento con las Normas vigentes, al alcantarillado municipal. Se hizo visible en su momento, que se contaba con todas las herramientas (internas) necesarias para obtener un mejor provecho de un recurso al que se le estaba invirtiendo para después enviarlo al alcantarillado. Como se demostrará a lo largo del trabajo, la PTAR tiene la obligación de cumplir con la Norma Vigente que rige en la localidad de su ubicación y/o (según aplique) con especificaciones internas propuestas por la misma Organización, las cuáles, representan los Límites Máximos Permisibles más estrictos que se cumplen en alguna ubicación en particular.

La PTAR no esta dentro de los procesos operativos clave de la Organización, que básicamente, son:

Cadena de Suministro

Producción

Logística

Ventas

No obstante, si está considerada cómo un paso obligatorio dentro de los sistemas de gestión de calidad y ambiental, por lo que sólo se requería de ella el cumplimiento normativo, la identificación de su impacto ambiental y el programa de verificación gubernamental.

La transformación de la PTAR, consistió en formar un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) adoptando una estructura de administración de la calidad (de aplicación exclusiva para ese proceso determinado) Que requirió 5 pasos:

1. Establecer un objetivo propio
2. Documentar Procedimientos Operativos (uso interno)
3. Verificación de los equipos de medición
4. Incluir al personal técnico en los SAD⁷.
5. Elaborar un análisis de riesgos
6. Establecer métodos de control de la calidad
7. Documentar cumplimiento normativo vigente

Lo anterior se realizó en apego a la siguiente estructura, tomando como medio de apoyo los puntos necesarios de dos especificaciones ISO:

ISO 14001:2004

ISO 10006:2003

4. Sistemas de Gestión de la calidad en los proyectos

4.1 Características

4.2 SGC

7. 2.2 Inicio y plan del proyecto

7.2.4 Gestión de cambios

7.3 Alcance

7.6 Procesos relacionados con la comunicación

7.7 Procesos relacionados con el riesgo

4.3.3 Objetivos y metas

4.4.2 Competencia, Formación y toma de Conciencia

4.4.4 Documentación

4.4.5 Control documental

4.5.1 Seguimiento y medición

4.5.2 Evaluación cumplimiento legal

⁷ Sistemas de Alto Desempeño

1. Establecer un objetivo propio del STAR.

Es evidente que la Organización cuenta con una Cultura establecida, incluidos: La misión, visión, valores, política de Calidad, política Ambiental, política de Inocuidad y de Seguridad. Cada proceso operativo dentro de toda la cadena de valor cuenta con sus objetivos propios, incluida la PTAR, el cuál era:

“Dar cumplimiento en tiempo y forma a la normatividad vigente para prevenir, minimizar y/o evitar impactos ambientales”

Objetivo que (para uso exclusivo de la Planta embotelladora) después del análisis a la propuesta de reutilización quedó enunciado de la siguiente manera:

“Proporcionar agua con la Calidad adecuada para servicio de la población garantizando el cumplimiento normativo que aplique.”⁸

2. Procedimientos operativos de uso interno

La Organización cuenta con procedimientos de operación, pero éstos están enfocados a mantener el proceso en cumplimiento con los límites de las Normas Federales.

Por lo cual se documentaron procedimientos de uso interno del STAR, para operar el proceso de tratamiento de aguas residuales con los límites que establece el Sistema de Gestión de interno⁹.

⁸ Queda claro que éste no es el objetivo de Sistema de gestión ambiental de la Organización ni está enlistado como medible o verificable en los objetivos ambientales.

⁹ Límites que son más rigurosos que los LMP propuestos por las Normas Federales.

La estructura del documento quedó como sigue:

NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN
PROCEDIMIENTO OPERATIVO No. XXX
CÓDIGO

1. Responsable de la actividad
2. Definiciones
3. Materia Prima
4. Secuencia de operación del proceso
5. Análisis de Calidad: Métodos y Frecuencias
6. Cambios y Modificaciones

ELABORÓ:

REVISÓ:

AUTORIZÓ

Técnico

Coordinador

Gerente

También se crearon registros para reportar los valores de las mediciones a los parámetros de control de la calidad de cada etapa del proceso de tratamiento.

3. Elaborar un análisis de riesgos

Es un análisis de riesgos con enfoque a detección y análisis de desviaciones sobre el comportamiento normal previsto. Es una metodología de lluvia de ideas, en la cuál un grupo de personas experimentada, familiarizada con el proceso en cuestión realiza

preguntas a cerca de algunos eventos indeseables. Se identifican posibles situaciones indeseables, sus consecuencias, protecciones existentes y se sugieren alternativas de prevención, mitigación o eliminación del aspecto indeseable identificado.

Análisis de riesgos ¿Que pasa si...?

- a) ¿Se tiene un fallo en el proceso y el agua se va con parámetros fuera de especificación (para el propósito propuesto)?
- b) ¿Se diera el caso un Ciudadano que presentase problemas de salud?
- c) ¿Se presentara una demanda legal?
- d) ¿La planta decidiera dejar de suministrar el recurso con esas características?
- e) ¿La imagen de la marca se viera comprometida?

Es pertinente insistir en que éste microsistema (STAR) que está dentro del Sistema de Gestión de la Organización no entra en la medición, evaluación, revisión ni es sujeto a auditorias ya que es únicamente una propuesta de oportunidad de mejora.

4. Control de la Calidad

- a. Con el registro de los datos obtenidos se lleva a cabo un control estadístico del proceso por etapas.
- b. Se analizan los datos de forma diaria y los promedios mensuales.
- c. Se detalla en los PO mantener control sobre: medidas de tendencia central, eventos puntuales y mantener gráficos de control de proceso actualizados.

5. Capacitación y Competencias

Se incluyó al personal técnico del STAR en el Sistema de Alto desempeño de la Organización.

El SAD, engloba temas específicos de capacitación, control de tiempos por actividad en turno de 8 horas y la identificación y registro del personal más eficiente.

Éstos fueron los pasos previos para poder iniciar con la propuesta de reutilizar el agua residual tratada.

Organización del proyecto de investigación.

Toda planeación es fundamentalmente una elección sobre el futuro¹⁰. Proporciona principalmente la capacidad de escoger, entre varias alternativas, la que resulte más conveniente. La planeación tiene también un carácter anticipatorio. La planificación es el ejercicio de la planeación. Se planea para salir airoso de situaciones problemáticas o para hacerles frente de una manera organizada. También, se planea tanto con fines de eficacia (alcanzar metas), con propósitos de eficiencia (alcanzarlas con el menor costo posible) y de trascendencia (lograr un impacto previsible).

De los múltiples enfoques aceptados por los planificadores, el proyecto se adapta a la Planificación de exploración mixta¹¹, que direcciona su enfoque al ámbito social en el que se desarrolla el proyecto y presenta las siguientes características:

- a) No programa todas las acciones a futuro en virtud de la complejidad y turbulencia del entorno

¹⁰ Miklos Tomas, 1998.

¹¹ Etzioni, 1968.

- b) Para una decisión se consideran todas las alternativas relevantes e incluso las que se estimen poco viables
- c) Define etapas de acuerdo a criterios político-sociales.
- d) En la ejecución se realizan exploraciones continuas
- e) Utiliza la planeación normativa como una orientación sistemática.

Se identifican también, aspectos vulnerables que, de no corregirse, llegan a obstaculizar los procesos de planeación:

- 1. Claridad en el objetivo
- 2. Existencia de mecanismos de normatividad
- 3. Métodos de control y evaluación

De igual forma, es necesario, antes de iniciar con la planeación del Sistema de Reutilización de agua tratada se determinen las siguientes cuestiones fundamentales:

- 1. ¿Qué tipo de reutilización se pretende?
- 2. ¿Cuál es la demanda y la disponibilidad del agua regenerada¹²?
- 3. ¿Cómo se evalúa la calidad del agua regenerada?

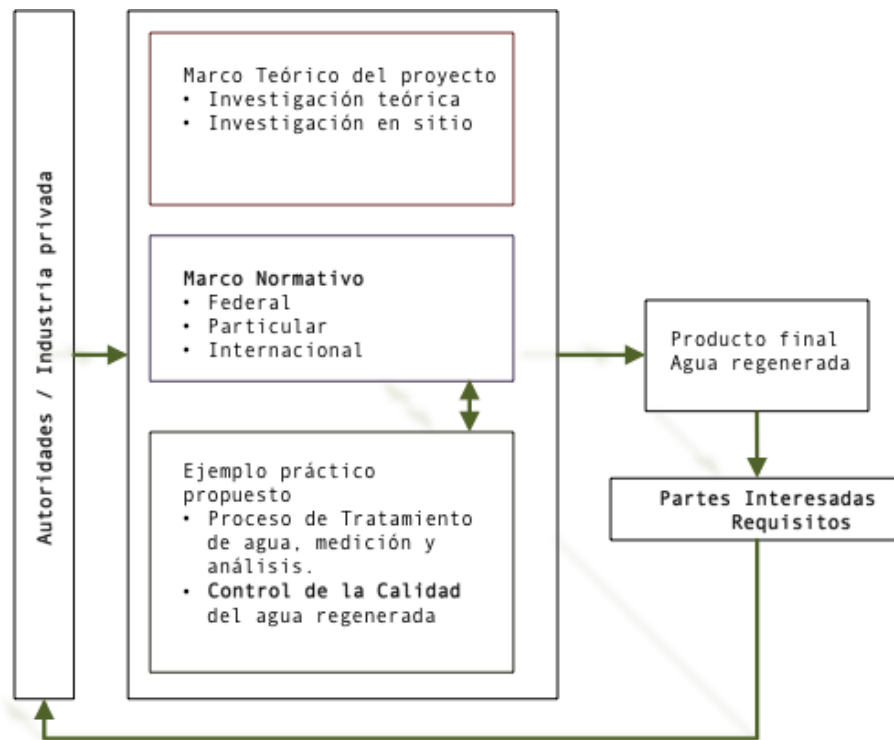
Para poder dar respuesta clara a las cuestiones se debe identificar:

- a) Los requerimientos a cumplir: Normas Federales y las normas internas de la Empresa.
- b) Las responsabilidades: Autoridades gubernamentales.

¹² De la bibliografía, se entiende por agua industrial tratada como agua regenerada. Utilizando ambos términos para referirse a aguas residuales de algún proceso que han pasado por un tren de tratamiento que les proporcione características tales que la vuelven apta para su reúso.

La planificación del proyecto se desarrolla en un sistema de tres módulos ejemplificados en el Gráfico 2. En donde la Industria privada presenta la petición y la autoridad el marco normativo que regulará la petición. Posterior se trabaja en adecuar y ajustar los lineamientos de entrada con los requerimientos de las partes interesadas y obtener como salida el recurso viable para la finalidad propuesta.

Gráfico 2. Esquema de la organización del proyecto



Análisis preliminar

Debido a la relevancia que tiene el conocimiento de la situación actual referente al tema en cuestión, se utiliza el método FODA (Gráfico 3) para analizar con cierto grado de profundidad lo que se tiene y lo que se necesita.

Para fines de éste proyecto se identifican como partes interesadas:

- 1) Las viviendas aledañas a la Organización
- 2) Las instalaciones de la Universidad
- 3) El gobierno

Gráfico 3. Análisis de la situación actual mediante el método FODA.

<p><u>Fortalezas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad del recurso regenerado • Disponibilidad de la fuente generadora del recurso regenerado 	<p><u>Oportunidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Creciente necesidad del recurso hídrico en la sociedad. • Actualizaciones en la legislación
<p><u>Debilidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Poca interacción que existe entre el sector industrial y el social. • La PTAR no es un proceso operativo clave dentro de la cadena de valor de la organización. 	<p><u>Amenazas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Riesgos en la Salud pública • Riesgos de Imagen Corporativa • Tendencias desfavorables en la percepción y opinión pública sobre el recurso regenerado. • Falta de respuesta a las propuestas por parte del gobierno local.

Es necesario también, referir las alternativas que al día de hoy ya han sido propuestas y completar con alternativas sugeridas. Debido a que se utiliza el agua en un amplio número de actividades, el agua residual tratada tiene muchos puntos de aplicación (Gráfico 4), desde las viviendas, las vialidades, los servicios públicos, riego, etc.

Gráfico 4. Identificación de posibles usos posteriores al tratamiento.

Agua Industrial Tratada: Posibles fines de reuso	
Situación actual	Alternativas de reutilización
Contaminación del efluente tratado al vertirlo al alcantarillado municipal Difícil recuperación del recurso con las características iniciales Bajo nivel de control sobre la calidad del destino final.	<p>Usos urbanos</p> <p>Riego de zonas públicas y comerciales</p> <p>Uso ornamental: fuentes públicas</p> <p>Agua contra incendios</p> <p>Limpieza vial</p> <p>Agricultura</p> <p>Riego</p> <p>Conservación de espacios naturales</p> <p>Relleno en estanques recreativos/Fraccionamientos</p> <p>Agua Potable</p> <p>Uso Directo: Consumo</p> <p>Uso Indirecto: Servicios generales en viviendas.</p> <p>Regulación de causes y/o lagos o lagunas.</p>

Para poder llevar a la práctica alguna de las alternativas se requiere de inversión. Ya sea dentro de una organización o para el manejo de políticas públicas, el lenguaje común para materializar una idea, es el dinero. Socialmente esto es así porque una política pública es, solucionar un problema público con dinero público y al proceso que pasa entre tener un problema y solucionar el problema se le conoce como burocracia. Es la burocracia el principal enemigo de lo eficiente y lo eficaz.

Entre las posibles vías de financiamiento están los recursos municipales y los recursos de la industria privada. No es viable la aportación económica de las partes interesadas, en el caso concreto de utilización como recurso directo para la población. La localización de la Organización (fuente de agua regenerada) le permite donar el recurso a la sociedad de manera inmediata ya que ésta se localiza dentro de la Ciudad y es aledaña a varias colonias que actualmente enfrentan el suministro discontinuo de agua por parte del municipio (tres días de siete). Como se analiza más adelante, la Organización ha tenido diversos problemas de relaciones con la sociedad limítrofe, debido al conocimiento que se tiene acerca de la cantidad de pozos de agua de los que la Planta tiene la concesión y que se encuentran dentro de las instalaciones. Los vecinos han participado en plantones fuera de las instalaciones así como diversas quejas al municipio y por razones a esto presentan un rechazo a las ideas propuestas.

2.3 Matriz de control del proyecto

El progreso de un proyecto desde su origen hasta su conclusión, se puede dividir en etapas, cada una de las cuáles presenta características únicas y diferentes problemas de control¹³.

¹³ Butrón Silva J Arturo, 1981.

Algunas de las etapas que conforman el ciclo de vida de un proyecto, son genéricas, representan una forma en común de organización:

- I. Principio del proyecto: previsión, búsqueda de información.
- II. Planeación: Ajustar las ideas ordenadas a un periodo fijo en el tiempo (programas, cronogramas) para su ejecución.
- III. Fase de Implementación: Comunicación, coordinación y control. Poner en funcionamiento a través de métodos, procedimientos y medidas de control las ideas ordenadas en su tiempo propuesto.
- IV. Seguimiento y mejora: revisión de todo el ciclo del proyecto para verificar cumplimiento y posibles actualizaciones y mejoras.

Después, dependiendo del tipo de proyecto, de investigación, de proceso, de producto o de servicios, se centra el interés de las ideas a etapas más definidas y particulares.

Un proyecto, puede o no pasar por todas las etapas del ciclo de vida que se identifican en la Matriz de Control representada por el Gráfico 5, ya que se depende también de la finalidad establecida; pero determinar y seccionar las ideas y propósitos de un proyecto en etapas (fases) ayuda a minimizar los riesgos de control y en la mayoría de los casos facilita el monitoreo y el seguimiento del proyecto.

De las etapas propuestas, los elementos de Costo y Tiempo no se analizan en el trabajo de investigación debido a que quedan fuera del alcance del trabajo. Además de que realizar un estudio de los costos está dentro de las responsabilidades de la Planta y el mediador (el Gobierno), asumiendo que el beneficiario (partes interesadas) no tiene ningún compromiso del tipo económico.

Gráfico 5. Matriz de control del proyecto

Matriz de control del proyecto

Etapas del ciclo de vida del proyecto	Riesgo	Administración de la Calidad	Costo	Tiempo
Definición del problema	Riesgos a la salud	Índice de archivo	Estimación económica	Programa general del proyecto
Investigación y Desarrollo	Riesgo financiero	Control de calidad -Parámetros Normas y Reglamentos	Estimaciones comparativas de tecnologías alternativas y métodos	Informe de progreso -Diagrama de Gantt
Ingeniería de procesos	Riesgos de impacto a la marca comercial	Control de calidad -Métodos	Determinar el presupuesto	Actividades de proceso y cronogramas
Definición de la apropiación- Ingeniería	Riesgo ambiental	Control de calidad -Procedimientos -Control de cambios		Informe definitivo -Fase de diseño
Ingeniería de detalle	Análisis predictivo y de respuesta a los riesgos	Partes interesadas -Requerimientos	Control de Costos	
Compras y construcción		Control documental	Estimación definitiva VoBo	
Operación inicial	Matriz final de riesgos	Plan de control, seguimiento y mejora	Estimación final del costo de capital	Informe final -arranque/operación

Capítulo III


Marco Teórico


- 3.1 El agua en números
- 3.2 Situación mundial del agua
- 3.3 México y el recurso hídrico
- 3.4 Proceso de Bebidas Carbonatadas


3.1 El agua en números


Se estima, el agua ocupa en el ser humano del 65 al 70% de su composición física, el 72% de la superficie de la corteza terrestre y del 50 al 60% de la composición de los demás seres orgánicos. Lo cuál, la convierte en un componente principal.

En los humanos, el 60% del agua se encuentra en el interior de las células (agua intracelular), el resto (agua extracelular) es la que se encuentra en la sangre y baña los tejidos. Las funciones del agua, íntimamente relacionadas con sus propiedades moleculares, se pueden resumir como sigue:

 En el agua de nuestro cuerpo tienen lugar las reacciones enzimáticas que nos permiten estar vivos.

 Gracias a su capacidad de evaporación podemos regular nuestra temperatura corporal. Ya sea sudando o perdiéndola por las mucosas del cuerpo.

 Es el medio por el que se comunican las células de nuestro cuerpo y por el que se transporta el oxígeno.

 Es la encargada de retirar los productos de desecho del metabolismo celular.

Perdiendo una sola de éstas funciones, el cuerpo humano sería incapaz de mantenerse vivo. Formamos parte de la dinámica del agua en el mundo.

Por su parte, en el planeta, el agua es distribuida por el ciclo hidrológico, el cual, describe la presencia y movimiento del agua (ciclo que

además impulsa la mayoría de los demás ciclos naturales), por éste hecho es considerada como un recurso renovable e infinito, pero su disponibilidad sí es finita.

El conocimiento del ciclo hidrológico ayuda a calcular (aproximadamente) la cantidad de agua disponible en las regiones del mundo. El agua se deriva básicamente en dos fuentes, agua salada (97.5% aprox.) y agua dulce (2.5%); aunque el agua salada se presenta en mayor proporción, es el agua dulce la que ha sido catalizador de la civilización y su desarrollo. De la cantidad natural de agua dulce (2.5%), menos del 1% se encuentra de manera asequible (ríos, lagos, acuíferos), el resto se encuentra congelado en los glaciares y bancos de hielo (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución del 1% agua dulce en el planeta¹⁴

Tipo de Reserva	%Agua Dulce	Espacio	%Agua Dulce
	69.6		
Hielo y Nieve		Antártico	61.7
		Groenlandia	6.68
		Ártico	0.24
		Montañas	0.98
	30.15		
Aguas Subterráneas		Acuíferos	30.1
		Agua contenida en el suelo	0.05
Lagos y Pantanos	0.29		
Agua contenida en la Atmósfera	0.04		
Ríos	0.006		

La distribución natural del recurso, se presenta de manera muy desigual en las diferentes regiones del planeta; el continente americano concentra casi el 49% del agua mundial, convirtiéndolo en el continente con mayor diversidad

¹⁴ CONAGUA, 2011.

de flora, es seguido por Asia con 29% y Europa, África, Australia y Oceanía comparten el 22% restante¹⁵.

Debido a esto, de la Tabla 1, del porcentaje que poseen los Ríos, el agua se concentra en los más caudalosos del mundo, el Amazonas, el Congo y el Misisipi. En el caso de los lagos y pantanos poseen también su propia distribución geográfica, sólo la mitad de su proporción se concentra en los 4 lagos más grandes del mundo, el Baikal en Asia, el Tangañica y el Malawi en África y el Superior en Canadá-Estados Unidos.

El sistema amazónico en particular, ocupa el primer lugar mundial, tanto por la extensión de su cuenca (de algo más de 6 millones de Km²) como por la magnitud de su descarga promedio (175 000 m³/s).

Sin importar la disponibilidad natural de agua que posee cada región geográfica, no toda es accesible ni aprovechable. Depende del desarrollo industrial y social que envuelve a cada región, lo que convierte al agua socialmente disponible y son las sociedades del mundo las que han demandado el suministro de agua en condiciones necesarias.

En la actualidad, casi todos los estudios mundiales que se realizan sobre el agua y que se centran en la dimensión demográfica, revelan escenarios de escasez en base a la dinámica poblacional que se experimentó, se experimenta y se dará. El criterio inicial es la disponibilidad de agua por persona, a partir de ahí, se define que región se encuentra en estado crítico. Diferentes organizaciones de salud y de interés ambiental, han declarado que, la cantidad de agua básica para satisfacer las necesidades diarias de un individuo son 100 litros por día. En Estados Unidos, el promedio de uso es 1500 litros/día/persona, en México son 475 litros/día/persona, en Asia son 250 y Europa, África y Oceanía en promedio 120 litros/persona/día.

¹⁵ ShiKlomanov, 2004.

Si el 72% de la superficie del planeta es agua, ¿Cómo es que sufrimos escasez de agua? ¿Nos falta agua?. No, lo que falta es el agua en la calidad requerida, tanto para los humanos como para los demás seres vivos (acuáticos y terrestres).

El hábitat acuático es cada vez (mientras más cercano a tierra) más inhabitable y el recurso menos utilizable. La contaminación (desechos) que generamos más de 7 000 millones de habitantes se está haciendo notoria, específica y distintiva de nuestra forma de vida.

Los valores y datos utilizados en éste capítulo provienen de la fuente de AQUASTAT Information System on Water and Agriculture de la FAO, de la fuente de Datos del Banco Mundial y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

3.2 Situación Mundial del Agua

La presión demográfica.

Históricamente la población ha sido un factor importante y de gran impacto para el recurso hídrico. A medida que aumenta la población mundial, el mundo requerirá importantes cantidades adicionales de agua para sostener a sus habitantes en un nivel de vida razonable, lo que aumenta el número de países que confrontan condiciones de escasez de agua.

Debido a que el agua es un indispensable de muchas facetas de la vida y así también lo es para los sistemas económicos y sociales, el impacto de los aspectos demográficos sobre el agua se da a través de varias vías (Tabla 2).

Tabla 2. Influencia sobre el agua de presiones demográficas¹⁶

Sector	Impacto %
Agricultura	70
Urbanización	8
Vivienda	6
Servicios	1
Infraestructura	1
Industria	21
G. Energía	15
Otros	6
Cambio Climático	1

Como se puede observar, a nivel mundial, la Agricultura (riego) es el primer consumidor de agua y aunque las prácticas de utilizar aguas negras para riego han aumentado, el 89% de las hectáreas de siembra en el mundo se riegan con agua azul (agua cruda). El segundo consumidor de agua a nivel mundial es la Industria, dividida en generación de energía y otros, el tercer lugar lo ocupa la población, para servicios domésticos, finalmente el cambio climático, proporción medida a través de la precipitación (en espacio y tiempo).

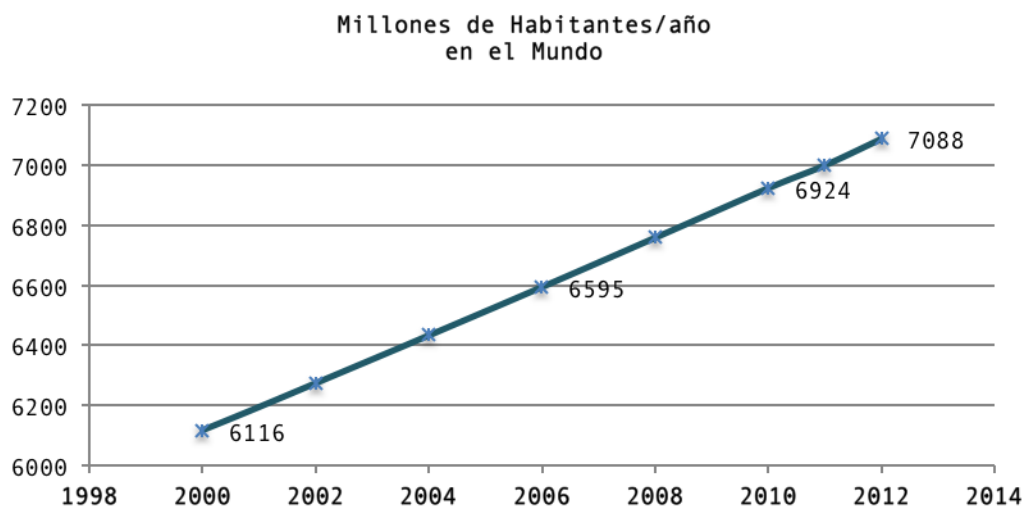
De los impactos demográficos anteriores, el móvil y razón de ser de su desarrollo ha sido y seguirá siendo la población; satisfacer, cumplir y crear sus demandas es la razón de su existir. A excepción del cambio climático, el cuál puede verse como un proceso natural y continuo y/o como la respuesta a la creencia de que la tierra y todo recurso que ésta posee esta a disponibilidad del ser humano.

La mayoría de los cambios y alteraciones del ambiente en el planeta, se dan de modo natural. El tema son: los cambios en el patrón de distribución

¹⁶ Biswas & Tartajada, 2009.

estacional, la frecuencia e intensidad de las precipitaciones o su ausencia en todo caso y el impacto del desequilibrio estacional (inundaciones o sequías), lo que se ha alterado gracias a los habitantes y el sustento de las necesidades. Aumenta la población y aumentan las necesidades.

Al 31 de octubre del 2011, el mundo llegó a los 7,000 millones de habitantes y dentro de 13 años, se estima habrá otros 1,000 millones más¹⁷. La Gráfica 6 nos muestra el incremento de la población a nivel mundial, desde el año 2000 al 2012.



Gráfica 6. Crecimiento poblacional en el mundo¹⁸

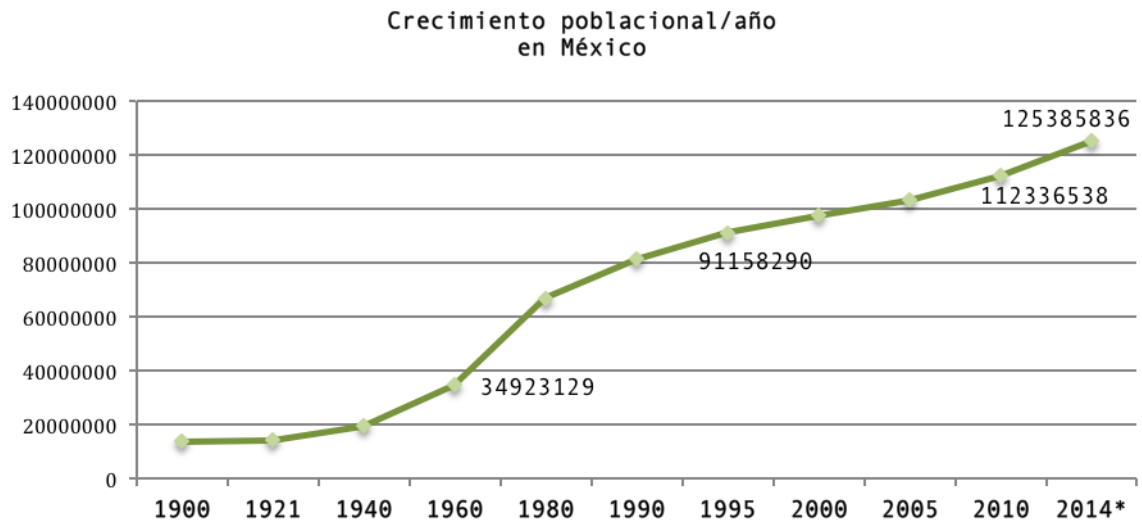
Éste crecimiento acelerado de la población comenzó en 1950 a raíz principalmente en la reducción en la tasa de mortalidad. En nuestro país, el

¹⁷ Datos del Banco Mundial, 2012.

¹⁸ Indicadores y Datos del Banco Mundial, 2012.

incremento acelerado de la población, inició en 1970, aumentando en 20 millones de habitantes en un lapso de 10 años (ver Gráfica 7).

Las presiones demográficas que envuelve el aumento de la población, expanden su complejidad más allá del mero incremento y su representación numérica. Existen regiones que mantienen un constante decline en su población, en otras regiones el primer proceso demográfico que se presenta es el aumento en la población de mayor edad, relacionado principalmente a las bajas tasas de natalidad en países desarrollados.



Gráfica 7. Crecimiento poblacional en México¹⁹

Algunas tendencias en la actualidad son notables: hoy hay en el mundo 893 millones de personas mayores de 60 años, las personas menores de 25 años ya constituyen el 43% de la población mundial y en algunos países llegan hasta un 60%.

Desde muchos puntos de vista, puede considerarse que el actual tamaño sin precedente de nuestra población es un éxito de la humanidad, las

¹⁹ INEGI, 2010. El dato representativo del año 2014 es la actualización del Banco Mundial.

personas tienen vidas más largas y más saludables. Pero no todos se han beneficiado con ese adelanto ni con la más alta calidad de vida que entraña, persisten grandes disparidades entre distintos países y dentro de un mismo país.

El mayor incremento en la población global entre los años 2005 a 2050 se proyecta básicamente en ocho países, India, Nigeria, Pakistán, Congo, Etiopía, Estados Unidos, Bangladesh y China.

Juntos, se prevé, acumularán la mitad del incremento poblacional durante ese periodo. Distintas organizaciones a nivel mundial han expresado la preocupación referente a dos temas principales, la alimentación y el acceso a recursos de primera necesidad.

Es mucho lo que está en juego para todos en el futuro de la humanidad. Cada persona, cada gobierno, cada institución, está más interconectada y es más interdependiente que nunca, de manera que lo que haga cada uno de nosotros será importante para todos durante mucho tiempo en el futuro. Por lo cuál, hacer un uso óptimo del recurso hídrico se ha vuelto prioritario a nivel global.

Hacia el año 2025, aproximadamente 48 países, más de 2800 millones de habitantes, se verán afectados por la escasez de agua. Más allá del impacto del crecimiento mismo de la población, el consumo de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial y agrícola, por lo que la demanda creciente de la población se ha triplicado y de esa manera la extracción de agua se ha visto sobreexplotada. Además, el suministro de agua dulce del que dispone la humanidad se está reduciendo a raíz de una constante contaminación de los recursos hídricos²⁰.

²⁰ Bolt Alan, 2001.

En todo el mundo se hace un mal uso de enormes cantidades de agua con subvenciones agrícolas inapropiadas, sistemas de riego ineficientes, fijación inadecuada de precios, administración ineficiente de las cuencas hidrográficas, entre otras prácticas.

Principales eventos de crisis de agua a nivel mundial²¹.

Más allá del tema de la población y el acceso o disponibilidad, hay que analizar también temas como la contaminación y sus afectaciones, los problemas cada vez más continuos de sequías y un avance en la forma de gestionar el agua en Australia.

China 2010-2011. Durante estos dos años, China experimentó dos de las sequías más prolongadas de su historia. Sólo en el 2010, inundaciones y sequías, le costaron al país cerca de 22.5 billones de dólares. Junio del 2011 fue registrado como el peor mes en temas de inundaciones. En los últimos dos años han registrado más de 5 millones de hectáreas de cultivo afectadas por sequías.

Río Marcal, Hungría. En Octubre de 2010, un muro de contención de un depósito de residuos en una planta de alúmina (bauxita) en Ajka, Hungría, estalló liberando 700 000 m³ de residuos líquidos tóxicos. El desastre afectó 15 km a la redonda de los pueblos circundantes y eliminó, por completo, el ecosistema del pequeño río, el enlace entre este río y el sistema del Danubio originó que otros seis países tuvieran que movilizar sus planes de respuesta a emergencias. A la fecha, el desastre a costado más de 635 mil millones de dólares. "Todos los peces están muertos y no hemos sido capaces de salvar la vegetación tampoco..." Tibot Dobson, jefe de operaciones del servicio húngaro.

²¹ Noticias BBC, 2011.

A la fecha, ha sido imposible menguar los altos niveles de alcalinidad originados por el desastre.

Queensland, Australia 2011. Las inundaciones en Queensland registradas durante el 2011 han conducido a que tres cuartas partes del estado se declare como zona de desastre. Las afectaciones en la economía australiana equipararon al 3% del PIB.

África, Asia, Europa e incluido el sureste de Gran Bretaña. Grandes partes de estos países están clasificados por la ONU, OMS y el Banco Mundial, como regiones que enfrentan ya problemas de presión hídrica o escasas de agua. Problema que han atacado bajo las bases de que “el agua tiene un costo”. Australia ha liderado el camino del comercio del agua. El agua de los ríos de la cuenca Murray-Darling se ha convertido en mercancía comerciable. El pago se centra principalmente hacia el usuario *agricultura*.

China, Diciembre 2012. Vertido de cadmio sobre el río Liudjian. La provincia de Guangxi fue objeto de un masivo vertido de cadmio por una de las plantas de metales pesados. La contaminación afectó a casi 3.7 millones de habitantes y a la fecha van más de 400 km de río contaminados. Los expertos adelantaron que son casi 20 toneladas de cadmio liberado y se tuvo que solicitar ayuda mundial para poder contrarrestar el daño.

Todas las afectaciones anteriores tienen que ver con el agua e inciden y afectan a todos los demás sistemas sociales y a todos los seres vivos. No hay nada que le pase al agua que después no afecte a los humanos y demás seres vivos, por ello es vital idear, desarrollar y llevar a la práctica métodos de tratamiento y reutilización óptimos y sostenibles.

3.3 México y el recurso hídrico.

México es un país rico en recursos naturales, cuenta con una gran diversidad de sistemas bióticos y una gran cantidad de recursos hídricos en extensión de mar, ríos, lagos y arroyos. Todos los recursos hídricos del país, se agrupan en un sistema que se denomina cuenca hidrográfica.

La cuenca es reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos²². La principal razón y fundamento es que la cuenca interconecta todo el espacio geográfico que la constituye a través de los flujos hídricos superficiales y subterráneos. De acuerdo con INEGI, INE y CONAGUA, el país cuenta con 1 471 cuencas, las cuales constituyen una red hidrográfica de 633 mil km de longitud. De toda la red hidrográfica, destacan 50 ríos principales por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial y 603 acuíferos (agua subterránea).

De los 50 ríos, exclusivamente a 7 pertenecen dos terceras partes del escurrimiento superficial, Grijalva-Usumacinta (frontera con Guatemala), Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá (Veracruz), Pánuco (Tamaulipas-Veracruz), Santiago y Balsas (Michoacán-Guerrero). Los ríos Balsas y Santiago pertenecen a la vertiente del pacífico y los otros 5 a la vertiente del Golfo de México. Por la superficie que abarcan, destacan los ríos Balsas y Bravo; por su longitud, los ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta.

Es importante mencionar también, los principales lagos y lagunas: Guzmán, Santa María y Palos en Chihuahua, Parras en Coahuila, Santa Ana en Tabasco, Laguna de Términos en Campeche, Chapala entre Jalisco y Michoacán, Pátzcuaro en este último Estado y Zumpango, San Cristóbal, Xaltocán, Texcoco, Xochimilco y Chalco, en el Valle de México. De los cuales, *todos*, se encuentran en algún grado de contaminación, química, física y/o biológica.

²² INE, 2010.

Los ríos, lagos y lagunas que conforman las cuencas (superficiales y subterráneos), se recargan con la precipitación pluvial. Actualmente, México recibe en el orden de 1489 Km³ de agua en forma de precipitación por año (lo que asemeja a una alberca de 1 km de profundidad del tamaño del Distrito Federal). De esta agua, el 73.2% se evapora y regresa a la atmósfera, el 22.1% escurre por los ríos o arroyos y el 4.7% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal forma que anualmente se cuenta con 459 Km³ de agua dulce renovable, a lo que se le denomina disponibilidad natural media²³.

El 68% de la precipitación se da en 4 meses del año (de junio a septiembre), aunado a esto, la distribución del agua presenta fuertes contrastes; en el sureste, que abarca poco menos del 26% del territorio del país (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco), se concentra el 42% del escurrimiento fluvial; mientras que en el altiplano del centro y la parte norte del país, 56% del territorio, se localiza sólo 4% de los escurrimientos (Gráfico 8).

Regiones Hidrológico-Administrativas

Para su mejor estudio, planificación y manejo, las cuencas son agrupadas y sub-divididas en regiones, por ubicación, dimensiones y complejidad. Con el fin de interpretar límites político-administrativos se establecieron criterios de regionalización y agrupamiento, bajo los cuales, la Comisión Nacional del Agua, divide al país en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas²⁴.

²³ CONAGUA, 2010.

²⁴ CONAGUA, 2012.

Con el propósito de una mejor organización y preservación de las aguas nacionales (Tabla 3). De las trece regiones hidrológicas, la del Valle de México es la que presenta niveles extremadamente bajos de agua renovable y niveles de extracción superiores a las tres primeras juntas. Lo cuál la sitúa como la región con mayor grado de presión sobre el recurso de nuestro país.

Tabla 3. Regiones Hidrológico-Administrativas de México.

No.	Región	Población	Municipios
		(Habitantes)	(número)
I	Península De Baja California	3 970 476	11
II	Noroeste	2 589 710	78
III	Pacífico Norte	4 198 398	51
IV	Balsas	10 990 154	420
V	Pacífico Sur	4 770 777	378
VI	Río Bravo	11 299 363	144
VII	Cuencas Centrales del Nte.	4 248 529	78
VIII	Lerma-Santiago Pacífico	22 395 511	332
IX	Golfo Norte	4 992 167	148
X	Golfo Centro	10 092 262	432
XI	Frontera Sur	7 080 280	137
XII	Península de Yucatán	4 104 596	126
XIII	Valle de México	22 395 511	121
Total		112 717 538	2456

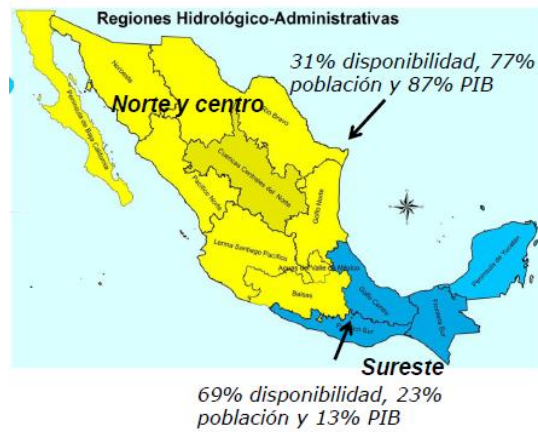
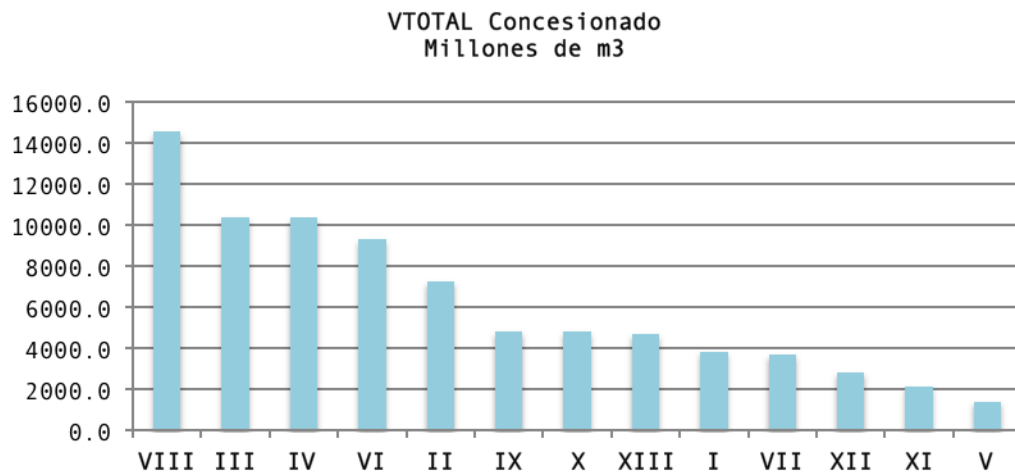


Gráfico 8. Distribución de la disponibilidad de agua.²⁵



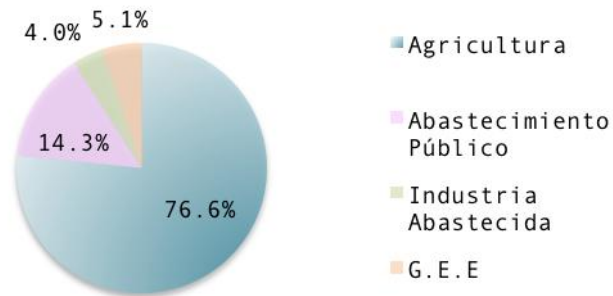
Gráfica 9. Volúmenes concesionados por Región Hidrológica Administrativa.

²⁵ SEMARNAT, 2010.

En la Gráfica 9, se puede observar que las regiones hidrológico-administrativas (RHA) que tienen concesionado un mayor volumen de agua son: VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IV Balsas, III Pacífico Norte y VI Río Bravo. Cabe destacar que el uso agrupado agrícola supera el 70% de las concesiones totales, a excepción de la región IV Balsas, en donde la termoeléctrica de Petacalco, ubicada cerca de la desembocadura del río Balsas, ocupa un importante volumen de agua.

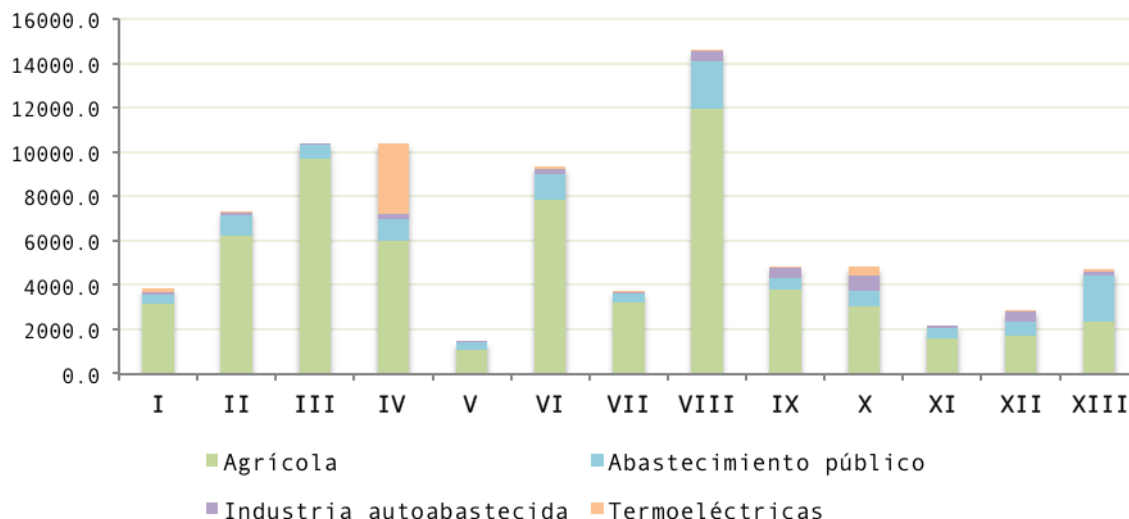
Usos consuntivos del agua

Para satisfacer sus necesidades, actualmente en nuestro país el sector con más demanda de agua es la agricultura, seguido del abastecimiento público y la industria, separada en dos sectores, Generación de Energía Eléctrica y la Industria autoabastecida, lo cual se ve reflejado en los volúmenes concesionados por sector que se muestra en el Gráfico 10.



Gráfica 10. Distribución de volúmenes concesionados

Graficando los usos consuntivos por región Hidrológico administrativa observamos el impacto que tiene la agricultura sobre el uso del agua.



Gráfica 11. Usos consuntivos por región HA

Para poder abastecer la demanda anterior, se genera la excesiva explotación de las aguas subterráneas lo que ha producido y suscitado grandes problemas (Tabla 4). El rezago que se tiene en la correcta gestión del agua por parte del sector agropecuario es, sin duda, un tema que debería tratarse urgentemente, el uso “rudimentario” del agua en el campo genera pérdidas del recurso y una fuente de contaminación incontrolada y sin regulación.

El agua no es un recurso escaso en sí mismo. La escasez, no es una propiedad intrínseca de la situación del agua, es más bien, una construcción social donde se perciben restricciones en el aprovechamiento. La noción de escasez no se limita a la población y su crecimiento, incluye además, relaciones socio-económicas que definen el uso y manejo del recurso, así como también, su acceso y distribución.

Tabla 4. Beneficios Vs. Problemas de sustentabilidad en la extracción del agua.

Beneficios socio-económicos	Problemas de sustentabilidad
Suministro de agua urbana.	Utilización ineficaz generalizada del recurso.
Explotación de abastecimientos rurales a bajo costo.	Pérdidas físicas del recurso. Daño de los ecosistemas que dependen de las aguas subterráneas.
Suministro de agua para agricultura.	Aumento de la desigualdad social con acceso al agua.
Suministro de agua para la Industria.	Hundimiento localizado del suelo debido a la compactación por la baja permeabilidad de los estratos.
	Contaminación de las aguas naturales.

El término “escasez de agua”, empuña tanto fenómenos naturales como los ocasionados por el hombre y se define, acorde a la ONU, como *“El punto en el cual, el efecto agregado de todos los usuarios incide en el suministro o la calidad del agua, de tal manera que, la demanda de todos los sectores, incluyendo el ambiente, no puede ser satisfecha”*.

La escasez de agua, es un efecto relativo y puede ocurrir a cualquier nivel de la oferta y la demanda y es, uno de los resultados que se llega a obtener por la presión ejercida sobre el recurso hídrico (*presión hídrica*). De acuerdo a las Naciones Unidas, una región experimenta *presión hídrica* cuando el suministro de agua por día por persona cae por debajo de los 4.65 m³, cuando el suministro está por debajo de los 2.73 m³, la región enfrenta *escasez de agua*.

México está catalogado como una región del mundo que enfrenta un problema de presión hídrica en la mayor parte de su territorio. El Distrito Federal, para el 2020, se tiene proyectado enfrentará problemas de escasez de agua muy severos. La CONAGUA ha declarado que se llevan a cabo más de 4 proyectos de aproximadamente \$25 MDP cada uno, con el fin de disminuir la extracción del recurso solo para el DF y garantizar el suministro y abasto (entre otros problemas) a largo plazo.

Principales problemas en México

1. La biosfera
2. Sequías
3. Pérdidas físicas en las redes de agua potable
4. Tarifas
5. Políticas Públicas en torno al agua

México destaca mundialmente por su variedad poco usual de ambientes y climas, lo que provee una riqueza en especies, la mayoría ellas endémicas. La mega diversidad de nuestro país alberga cerca del 10 por ciento de las especies biológicas conocidas en el mundo, ésta exuberancia, es debida a una conjunción especial de factores entre los que destacan: su ubicación geográfica -que incluye la gran extensión latitudinal- y su compleja orografía. Dentro de las faunas más ricas y diversas tenemos a los peces, la ictiofauna nacional, acorde a la SEMARNAT (2008), incluye cerca de 2,300 especies marinas y de agua dulce.

Las amenazas para su sobrevivencia son principalmente antropogénicas, así como la introducción de especies exóticas. Del factor antropogénico, en orden de importancia, tenemos:

- a) Reducción o alteración del hábitat
- b) Abatimiento de los niveles de agua
- c) Pesca y los mayores efectos colaterales. Ej. En la pesca del camarón, por cada kilo de producto, se atrapan y mueren 10 kilos de otras especies.

Ante este panorama, la conservación de los cuerpos de agua y la protección y rehabilitación de su biodiversidad, debe considerarse como una prioridad.

En los diversos ríos y lagos de nuestro país, se han incrementado los casos de contaminación y disminución de la fauna endémica, por lo cual, se llevan a cabo diversas investigaciones y prácticas con la finalidad de salvaguardar el destino de nuestra biodiversidad acuática. Definir los niveles de amenaza que enfrentan y el impacto real que se produce en un ecosistema no es tarea fácil y da pie a una proliferación de términos, categorías y aseveraciones que en ocasiones no tienen una correspondencia exacta, pero, de los artículos y libros consultados, con fechas de 1980 al 2011, todos, acuerdan y aciertan en dos cosas:

- 1) En la actualidad se sienta una competencia desigual entre el hombre y los peces (por el agua), en donde éstos no tienen (por sí solos) ninguna posibilidad de ganar.
- 2) La falta de conocimiento sobre el hecho de que el uso irracional del agua, la explotación extrema de mantos acuáticos, la contaminación (hidrocarburos, detergentes, metales y plaguicidas) y hasta la desviación de causes o bombeo agrícola, son un daño continuo y permanente.

Desde la perspectiva, en este caso de los peces (pudiera ser de cualquier ser vivo, dónde no sea el ser humano), todos los problemas y circunstancias se resumen en uno solo: la pérdida del hábitat.

Es claro que existen algunas áreas en donde se han experimentado los problemas con mayor intensidad, se mencionan porque son la principal consecuencia de nuestra mala gestión sobre éste recurso:

- 💧 Cuenca del río Lerma
- 💧 Caudal de los ríos Bravo y Colorado
- 💧 Las Pozas de Cuatrociénagas, Coahuila.
- 💧 Cuenca del Estado de México

De todas las descargas de aguas residuales de nuestro país, el 50% se descarga únicamente en 4 ríos: Río Balsas, Lerma, Pánuco y San Juan. De la fauna acuática perjudicada por las diferentes circunstancias antropogénicas tenemos:

Tabla 5. Especies endógenas de peces²⁶

Nombre común	Familia
Lago de Pátzcuaro	
Pescado blanco	Aterinidos
Charal blanco	Aterinidos
Charal pinto	Aterinidos
Charal prieto	Aterinidos
Río Lerma	
Carpa blanca	Cyprinidae
El pupo del valle	Cyprinidae
Charal	Aterinidos
Lobina negra	Aterinidos

²⁶ SEMARNAT, 2009

De acuerdo con la SEMARNAT, se enlistan 169 especies de agua dulce en diversas categorías de riesgo: 68 en peligro de extinción, 74 amenazadas y 19 bajo protección especial. Por otro lado, la mayoría de los peces ya extintos pertenecen a las familias de las carpitas y cachoritos (Cyprinidae y Cyprinodontidae). Entre los estados con más casos de especies extintas se encuentra: Nuevo León, Coahuila y El Valle de México (Carpa Xochimilca, Verde y Tláhuac).

Sequías

México es un país semiárido y las sequías son recurrentes. Según el archivo histórico, la sequía del 2011 es considerada una de las más graves en los últimos 70 años, cerca del 90% del país contaba con algún grado de sequía. CONAGUA apoyó con el reparto de agua por medio de pipas, generando un gasto de \$400 MDP y de acuerdo con la Comisión de Agricultura de la Cámara de Diputados, la sequía de 2011 tuvo un costo de 150 mil MDP, afectando a 12 millones de personas.

Actualmente se cuenta con un gran déficit de hectáreas sembradas y aseguradas. De un total de 30 millones de ha, que se pueden sembrar, para el ciclo agrícola primavera-verano 2012, únicamente se programaron 11.7 millones, de los cuales el 93% son temporales.

Sequía en los siglos XIX y XX²⁷

-En el periodo de 1822 a 1874, se estima que se desarrollaron 10 sequías, una de las peores fue la 1868.

²⁷ Archivo histórico del agua, SEMARNAT.

-Entre 1874-1910 (se cuenta con un mejor registro), se cuantifican 39 sequías, 21 se consideraron como severas,

-En el periodo de 1910-1977 se detectaron 38 sequías, de las cuales 7 se clasificaron como extremadamente severas, siendo los estados del norte los más afectados.

-Desde 1996 hasta 2003 fueron años deficitarios en lluvias, por lo que desde 1993 y, en buena medida, hasta la fecha ha sido uno de los periodos más drásticos y prolongados de deficiencia de agua. La sequía en muchas partes del norte aún no termina.

Entre los estados más afectados por ésta condición se encuentran: Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Nuevo León, Sonora y Zacatecas.

3.4 Proceso de Producción de Bebidas Carbonatadas

Para una mejor comprensión del por qué se propone la utilización de las aguas tratadas de la industria de bebidas carbonatadas, cabe indagar en su proceso de producción.

El proceso de producción de Bebidas Carbonatadas inicia con la utilización de azúcar y/o fructuosa, que disueltas en agua bajo condiciones controladas de temperatura y agitación generan un “Primer Jarabe” que es la base de producción. Cabe enfatizar que el agua con la que se realizan las bebidas carbonatadas proviene de pozos de agua (bienes propiedad de la nación) que se concesionan a las industrias. Ésta agua se considera como agua cruda, a partir de la extracción se lleva un proceso de tratamiento y purificación que vuelve al agua apta para consumo humano y cumple con la normatividad que le rige.

Debido a las impurezas -solubles e insolubles- que presenta la materia prima el azúcar (Tabla 6) y a los requisitos de calidad con los que debe de cumplir el “Primer Jarabe” antes de continuar el proceso de preparación de Bebidas Carbonatadas, se lleva a cabo una secuencia de clarificación de azúcar, en la se presentan los siguientes procesos:

1. Disolución
2. Floculación
3. Filtración
4. Decoloración
5. Filtración
6. Enfriamiento

Durante éste proceso de Clarificación, se utilizan diferentes reactivos que ayudan a eliminar las impurezas de la materia prima que pueden conferir características organolépticas al Jarabe cómo: sabor, olor, color.

Tabla 6. Impurezas del Azúcar Estándar

Impurezas del Azúcar				
Solubles	Efecto en la disolución			
	Sabor	Color	Olor	Apariencia
Melazas	X	X	X	
Caramelos	X	X	X	
Aminas	X	X	X	
Ácidos débiles	X	X	X	
Insolubles				
Coloides				Anillo
Ceras				Anillo
Aceites				Anillo
Metales				Partículas
Pajilla				Partículas
Polvo				Turbidez
Carbón				Turbidez

Principio de Clarificación

Debido a que las partículas suspendidas de una disolución varían considerablemente dependiendo su origen, composición, concentración, tamaño y densidad, los procesos de clarificación difieren en secuencias y utilización de reactivos. La disolución de azúcar en agua presenta como primer problema los siguientes tipos de sólidos a remover:

- a) Sólidos sedimentables
- b) Sólidos Coloidales
- c) Color

Los cuáles van de partículas muy grandes atraídas por fuerzas de gravedad a partículas suspendidas en el agua que no tienden a acumularse ni en la superficie ni en el fondo debido a un equilibrio llamado estado coloidal, el diámetro de éstas partículas está en el rango de 0.0001 a 0.00001 mm, además la carga en las partículas coloidales pueden ser negativas o positivas según la sustancia que se trate, pero siempre del mismo signo, por lo que se repelen y no pueden aglomerarse por sí solas. Éstas partículas coloidales forman la turbidez de la disolución (agua + azúcar) y deben ser eliminadas. Para este propósito, se tienen que considerar algunos principios físico-químicos:

- a) Fuerzas de gravedad: promueven la sedimentación de acuerdo a la ley de Stockes.
- b) Fuerzas de Van der Waals: son las fuerzas de atracción de corto alcance entre las partículas en suspensión, éstas fuerzas tienden a atraer las partículas unas hacia otras.
- c) Movimiento Browniano: se origina cuando las partículas coloidales chocan con las moléculas del medio en el cuál se encuentran suspendidas.
- d) Fuerzas de repulsión electrostática: fuerza que tiende a mantener separadas las partículas, la repulsión electrostática es la fuerza que mantiene la suspensión, por lo tanto, es la fuerza que hay que contrarrestar para poder lograr la sedimentación.

Reactivos

Dentro de las funciones principales de éstos, se encuentra la remoción de las características organolépticas -color, olor y sabor- de la disolución hasta obtener las características de calidad requeridas. Para lograr esto se requiere el estricto control de:

1. Tiempo de contacto (entre reactivo y disolución)
2. Temperaturas (a mayor temperatura mayor probabilidad de caramelización)
3. Hidratación de reactivos (para mejorar su actividad reactiva)
4. Diámetros de partículas de reactivos (no finos)
5. pH de la disolución (para optimizar el trabajo de los reactivos)
6. Agitación

Etapas del proceso

→ Disolución: Consiste en obtener una mezcla homogénea de Azúcar + agua + reactivos bajo condiciones específicas:

Agua: las características de calidad del agua con que se inicia la disolución siempre deben de ser las mismas sin importar: el origen del agua (geográfico), el lugar de fabricación. Lo cual obedece a que una vez extraída de la fuente de origen, pasa por un tren de tratamiento de agua, esto evita que el agua sea también un factor de contaminación (al conferir sabor, olor, color, turbidez, etc.). Las condiciones finales del agua de disolución deben cumplir con parámetros internos de la Organización y con las normas locales y federales.

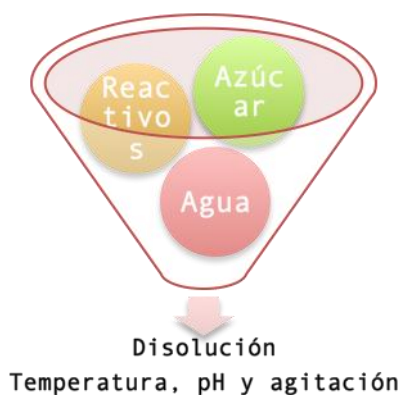


Gráfico 12. Proceso de Disolución

→ Reacción química

Tratamiento que se le da a disolución con reactivos, de tal forma que, por medio de los procesos físico-químicos descritos, los reactivos:

1. Atrapan las moléculas indeseables
2. Aglomeran las moléculas indeseables
3. Mediante un proceso posterior se separan las impurezas mayores.

→ Floculación y Flotación

Para agrupar las partículas coloidales, se hace uso del proceso de floculación. Es la fase en donde las partículas desestabilizadas son inducidas a la aglomeración.

Esto mediante la unión de micro flóculos que forman cadenas largas (atrapan las impurezas) y flotan a la superficie de la disolución.

→ Filtración

Es un proceso de separación sólido-líquido por adsorción, mediante el cual las partículas en suspensión de un fluido son separadas al pasar a través de una superficie permeable.

Considerando:

- a) Estructura y características del material filtrante.
- b) Equilibrio turbidez-flujo del proceso

→ Decoloración

Para la eliminación de las partículas que confieren el color se hace pasar el Jarabe por columnas de intercambio iónico, las cuales reducen los ICUMSA del Jarabe de aproximadamente 350 a 70. Los parámetros más importantes a considerar en ésta parte del proceso son:

- a) Temperatura de operación
- b) Velocidad de flujo
- c) Tiempo de contacto
- d) Propiedades de la resina

ICUMSA: Los ICUMSA representan una unidad internacional para expresar la pureza del azúcar en una disolución con agua y está directamente relacionada con el color del azúcar.

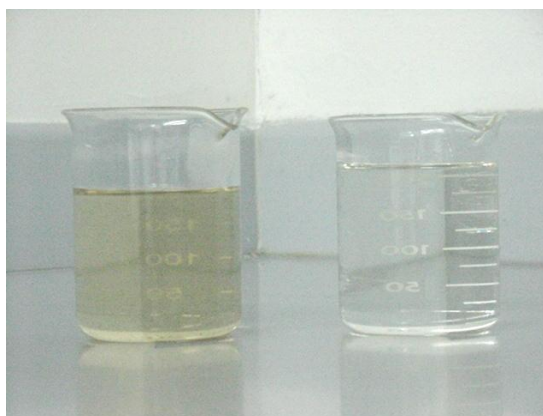
Factores que afectan la decoloración:

1. Color del Jarabe (debido a la calidad del azúcar)
2. Cenizas en el Jarabe
3. Temperatura del Jarabe
4. pH del Jarabe
5. °Brix del Jarabe

El abatimiento del color es una de las principales preocupaciones de las industrias de Bebidas Carbonatadas e inicia en los Ingenios Azucareros, debido a que en la actualidad afecta directamente a la capacidad para comercializar el producto de manera mas ventajosa.

El proceso de Clarificación es de gran impacto económico debido a la cantidad de materia prima utilizada y la facilidad con la que puede el Jarabe adquirir condiciones no propias (Tabla 7) para su utilización debido al mal manejo de las temperaturas de operación.

Al finalizar el proceso de Clarificación se obtiene un Jarabe de 60 ICUMSAS aproximadamente, con parámetros que cumplen las exigencias de calidad necesarias para la preparación de las bebidas carbonatadas con saborizantes.



Vista del “Primer Jarabe” después de la Clarificación.

Tabla 7. Riesgos en el proceso de Clarificación

Almacén de MP	Etapas			
	Disolución	Flotación	Filtración	Decoloración
Presencia de plagas	Caramelo	Melazas	Fermentación	Fuga de resina
	Melazas	fallo en la formación de flóculos	Generación microbiológica	Presencia de finos
	Fermentación		Fuga de finos de material	Fermentación

Reemplazo del Azúcar

Debido a que en la actualidad existe la exigencia de elevar la productividad y la calidad de las Industrias en general. Con base en esto, surgió la necesidad de sustituir el azúcar en la elaboración de bebidas carbonatadas por edulcorantes más concentrados por dos cuestiones principales:

1. En Enero de 1990, la demanda de la Industria embotelladora y de consumo doméstico **superó** la capacidad de producción de los ingenios azucareros.
2. El alto diferencial de costo entre azúcar refinada y estándar origina que se busquen nuevas tecnologías que aseguren tener la disponibilidad de edulcorantes que cumplan con las normas de calidad y genere utilidad.

La acción de respuesta consistió entonces en utilizar edulcorantes con características similares como: la Ata Fructuosa. Cuando se reemplaza la materia prima por Alta Fructuosa, el proceso de Clarificación no es necesario. Por lo cual se optimizan los tiempos del proceso de producción de Bebidas carbonatadas y disminuyen los costos de producción.

Pruebas y Análisis

Durante la producción se realizan diferentes tipos de análisis y pruebas de calidad en puntos de muestreo claves para el proceso, con el fin de garantizar la calidad del producto final y evitar contaminaciones mediante el monitoreo continuo.

Mezcla de Primer Jarabe con Concentrados de Sabor

La elaboración del “segundo jarabe” provee la segunda parte del proceso de producción de bebidas carbonatadas. Los concentrados de diversos sabores son fórmulas patentadas con acceso restringido, los cuales se suministran en barriles sellados o en presentación en polvo.

El proceso consiste en diluir los concentrados en el “primer Jarabe”. Es una etapa del proceso de producción relativamente sencilla pero tiene el truco en las velocidades de agitación durante y al finalizar el vaciado de concentrados.

Una vez logradas las condiciones requeridas de turbidez, volúmen, °Brix y temperaturas, se procede a la carbonatación y al llenado. Es común que en el área de llenado la botella se sople en línea, por lo cuál, el material debe ser grado alimenticio y cumplir con los más estrictos parámetros de calidad.

El consumo va aumentando

México es el primer país consumidor de bebidas gaseosas, bebidas carbonatadas y agua embotellada, la cuál también se produce en las mismas plantas (en su mayoría) de bebidas carbonatadas. Por lo que su producción también impacta en el agua industrial que desecha la planta después del tratamiento.

Debido a que ésta industria genera y genera productos de venta de todo tipo, colores y sabores, para permanecer en el mercado con igual o mayor fuerza, su consumo de agua extraída de pozos del territorio nacional va en aumento. Por lo cual es necesario y urgente que el agua que toman con características viables para uso de la población no sea regresada después de su uso industrial como un desecho.

Capítulo IV

Referencias Normativas

- 4.1 Leyes, Reglamentos y Normas Nacionales
- 4.2 Normas Internacionales

“Eficiencia, eficiencia, eficiencia, el único camino hacia donde debemos ir en términos del agua”

José Luis Luege Tamargo, 2012

4.1 Leyes, Reglamentos y Normas nacionales.

Continuando con la estructura de sistemas de calidad, una parte fundamental de la gestión de la calidad es la normatividad. Es el conjunto de reglas o leyes que se encargan de regir el comportamiento adecuado y dirección de cualquier proyecto.

Con anterioridad únicamente se abordó el tema del agua como fuente de vida, necesaria para la supervivencia de cualquier organismo orgánico. Ahora, nos enfocamos en el sentido que toma el agua como un *“bien”* nacional y un *“recurso público”*. Por lo cuál y con diferentes usos -los cuales van desde el más primordial que es abastecer el consumo humano, a la utilización como fluido para aseo personal y uso doméstico, al uso industrial y al uso recreativo o estético para fines públicos-, mantiene una jerarquía, en definitiva porque no es lo mismo el primer uso de carácter vital, al último, que en determinado momento se le puede prescindir.

Hoy en día, la regulación en torno al agua y su política son un mosaico de costumbres, normas locales, legislación nacional, acuerdos regionales y tratados mundiales, que crean un marco legal que no pega bien aquí y no

aplica bien allá. Claramente, en lugar de estar aumentando el repertorio legal, lo cual disminuye nuestra capacidad de lograr un grado de eficiencia estable, el enfoque debería darse sobre la implementación y el cumplimiento.

En nuestro país, bondadoso con sus recursos naturales (los cuales básicamente se deben a su privilegiada ubicación geográfica), se ha intentado delimitar las distintas naturalezas jurídicas del agua, impreso en diferentes leyes, reglamentos, normas y decretos. Unos de impacto o cumplimiento Federal y otros (como actualmente se vive en el Distrito Federal) de cumplimiento regional.

En principio, el agua como bien común, no es sujeta de apropiación. Luego, como instrumento social y público, sí tiene un costo por la prestación del servicio *público* y el gobierno tiene la obligación de abastecerlo. Por último, el agua como un bien económico -el uso lucrativo del agua- para actividades agrícolas, industriales y comerciales, se tiene que gravar acorde con el gasto que origina su movilización, distribución y afectación ambiental.

Dentro de los temas que se abordan en éste capítulo, está la situación del agua como “servicio público”, sin tocar el tema de controversia por la falta de tarifas adecuadas para su gestión y suministro (las tarifas de los servicios públicos son el instrumento fundamental para la recuperación de los costos correspondientes o en su defecto para mejorar la infraestructura o inversión).

Para efectos y propósitos de éste trabajo, se analizará únicamente la regulación sobre tratamiento de agua residual, calidad y características.

En la Tabla 8 se resume la legislación aplicable al tratamiento de aguas industriales y la diferente normativa a la que está sujeto nuestro país en temas de agua.

Tabla 8. Legislación del agua en México.

1	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	<p>Art. 4° (Nuevo decreto publicado en el DOF en FEB de 2012). Establece el derecho humano al agua.</p> <p>Art. 27 Delimita al recurso como un bien propiedad de la nación, el cual se gestiona únicamente por el poder Federal, con la autoridad de derivar responsabilidades.</p>
2	Ley de Aguas Nacionales	Derivado de la constitución.
3	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente	Artículo XXX
4	Ley Federal de Derechos	Capítulo XIV
5	Ley General del Cambio Climático	Decreto 2012
6	Normas Oficiales Mexicanas	Aplicables al uso, tratamiento y disposición final del agua*
7	Regulación por Estado y Distrito.	NADF-015-AGUA-2012
8	Programa Nacional Hídrico	Dirigido por la CONAGUA

* Se desglosan más adelante

Para el tratamiento de aguas industriales, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables son:

1. NOM-001-SEMARNAT-1996 Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
2. NOM-002-SEMARNAT-1996 Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
3. NOM-003-SEMARNAT-1998 Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
4. NADF-015-AGUA-2009 Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de procesos y servicios al sistema de drenaje y alcantarillado del Distrito Federal, provenientes de fuentes fijas.

Las primeras tres NOM son de carácter federal, la última es aplicable únicamente al Distrito Federal, se publicó en la Gaceta Oficial Del Distrito Federal el 25 de septiembre del 2012. Se basa enteramente en la NOM-002-SEMARNAT, la aportación principal es el alcance de su aplicación a todas las fuentes fijas de Industria, Comercio y Servicios, que si bien, individualmente no son significativos, en su conjunto si.

Cada una de las normas anteriores, abrogan normas independientes dirigidas a las descargas residuales de un proceso en particular, desde la elaboración de bebidas gaseosas, metalurgia, agricultura, electrónicos, etc. Con la intención de abarcar parámetros característicos de esos procesos.

Las cuatro normas solicitan la *caracterización* del agua residual de descarga, de manera Física, Química y Biológica. Con límites asignados en 1996 (las primeras tres) cuando se publicaron. Caracterización que se basa

en el *impacto* que tienen al interceptar con el cuerpo receptor y sobre sus características naturales.

De las teorías de sistemas de calidad, se tiene que una visión holística mejora el enfoque, de tal modo que, se plantean algunas observaciones sobre las normas antes vistas:

- a) Los LMP²⁸ solicitados en la caracterización del agua insutrial tratada, se calcularon de manera individual, como si sólo se diese una descarga a los cuerpos receptores, no en las condiciones que adquiere el cuerpo receptor en el *conjunto* de descargas de todas las aguas residuales.
- b) La mayoría de los límites máximos permisibles, son más holgados que los límites máximos permisibles de muchas industrias autoabastecidas transnacionales o franquicias de Industrias internacionales, las cuáles, se rigen por su regulación interna, que resulta más estricta.
- c) Existen parámetros que han sido obviados en las normas de aguas residuales, como el color, que afecta de manera crucial a los organismos endémicos de los cuerpos receptores. Una industria puede descargar su efluente ya tratado con color rojo, azul, etc.

Si bien, la modificación de una norma no es un procedimiento de naturaleza arduamente complicada, sí es un proceso largo y tardado (puede llevar años) y para el tiempo en que la modificación resulte vigente, a pesar de que no pierde la relevancia, el impacto ocasionado no será eliminado y es una de las principales razones por las que siempre vamos dos pasos atrás de los hechos, gestionando para corregir, nos desborda por completo el tema de la prevención.

²⁸ Límites Máximos Permisibles

Políticas efectivas y límites legales más estrictos, son necesarios para el desarrollo, implementación y refuerzo de las leyes y reglamentos concernientes al agua, desde su extracción, uso y disposición final.

Los intentos por llevar una gestión integrada del recurso hídrico son aún muy dispersos, debido a que se realizan esfuerzos mediante una serie de actividades separadas. Las Naciones Unidas, La Organización Mundial de la Salud y múltiples instituciones dominantes, con sus mega-conferencias y Foros Internacionales han aumentado la visibilidad global del problema del agua, sin tener aún, la autoridad de llevar a decisiones concretas.

La fuerza de la globalización, sin embargo, está transmitiendo el mensaje ideológico del agua como un bien económico y la necesidad de participación pública y privada para su gestión.

Para lograr un equilibrio en la gestión de éste recurso, se tiene que mantener una visión holística, que abarque todos los posibles ángulos y perspectivas que impacten y que se interrelacionen.



Gráfico 13. Aspectos diversos que impactan en la Gestión del agua

4.2 Regulación Internacional.

Estados Unidos De América. Por parte del gobierno federal se rigen por el *Code Of Federal Regulations*, dividido en 50 Títulos, cada uno con un tema particular. El Título que concierne a éste estudio es el Título 40. “Protection of the Environment”. La regulación de los EUA administra también la calidad del agua natural, potable, embotellada y residual. Ésta última en base al tipo de agua e industria que la produce. Sobra decir que nuestra regulación es algo semejante pero no estricta

Por parte de estándares no gubernamentales, se encuentran las ISO 14 000 “Sistema de Gestión ambiental” y diferentes organizaciones como la EPA *Environmental Protection Agency*, UN *United Agency*, entre las más representativas.

Comisión de las Comunidades Europeas. Ámbito 04 “Metabolismo Urbano” y “La estrategia Temática Europea Del Medio Ambiente Urbano”.

En ninguna de las dos regulaciones internacionales, se obliga tampoco a un análisis de toxicidad (de impacto ambiental) en las descargas de agua residual, pero cabe señalar que la regulación estadounidense va un pequeño paso más adelante que el resto del mundo. Esto porque elaboran actualmente las leyes en términos de los avances tecnológicos. Descartando así los equipos y técnicas de análisis anticuados y obsoletos.

La ONU, ha establecido lineamientos para la reutilización de aguas residuales tratadas (ya sea industriales o urbanas) y le ha dado continuidad a tal grado que se prevee el tratamiento con el objetivo final de hacerla potable, para consumo humano.

Capítulo V

Ejemplo Práctico, medición y análisis

- 5.1 Proceso de tratamiento de aguas residuales:
Industria de bebidas carbonatadas.
- 5.2 Control de la Calidad del agua regenerada

5.1 Proceso de tratamiento de aguas residuales: Industria de bebidas carbonatadas

El objetivo de los tratamientos de aguas industriales es el de separar, concentrar y transformar los diferentes tipos de contaminantes presentes, para garantizar las características de calidad que exige la legislación y así poder verter el agua al cauce receptor final (ya sea cómo desecho o para posterior uso). La calidad del agua de entrada tiene una considerable influencia sobre las posibilidades de reutilización final. En éste caso particular, el afluente está libre de material radiactivo y altas temperaturas lo cual lo vuelve más viable

Caracterización

La caracterización de aguas residuales industriales está sujeta a los objetivos que persigue tanto la empresa como a su disposición final obligatoria. La información obtenida permite determinar el sitio, tiempo de duración y clase de muestreo que se debe realizar. Las etapas de depuración también dependen de las características del agua a tratar para seleccionar el proceso más adecuado y efectivo. Se requiere de información básica de la empresa/giro (tipo de proceso productivo y servicios al público), método de descargas, volúmenes, métodos de análisis entre otros.

En la Tabla 9 se muestran los parámetros que se toman en cuenta al momento de realizar una caracterización. Para realizar ésta, es vital la toma de muestra del afluente a tratar, un error (tomar la muestra en un

punto de proceso que no sea el último punto de mezcla de descargas), dirige a una planta de tratamiento mal diseñada.

Tabla 9. Principales parámetros para la caracterización.

Aspecto	Característica
Parámetros Físicos	Sólidos totales
	Turbidez
	Color
Parámetros químicos	Temperatura
	Sólidos disueltos
	pH
	Alcalinidad
Parámetros orgánicos	Dureza
	Demanda bioquímica de oxígeno DBO
	Demanda química de oxígeno DQO
	Carbono orgánico total
Gases	Demanda total de oxígeno
	Nitrógeno, oxígeno y metano principalmente

Sólidos totales

Están presentes en el agua en forma de materia orgánica o sólidos en suspensión inorgánicos. Entre sus principales efectos está provocar el desarrollo de depósitos de fangos, los cuáles obstruyen los conductos, bombas, etc. Crean también condiciones anaerobias en el medio. Analíticamente se definen como “la materia que se obtiene como residuo tras someter un volumen conocido de agua a un proceso de evaporación a 103-105 °C”. Los sólidos totales engloban: materia coloidal, materia disuelta, materia sedimentable y materia en suspensión.

Turbidez

Es una medida del grado de dispersión de la luz (claridad) debido a las impurezas insolubles (materia en suspensión y partículas coloidales) presentes en el agua. Depende del diámetro y de las características de la superficie de las partículas que se encuentran en el agua. La tolerancia respecto a éste parámetro depende de la utilización final. En general, puede eliminarse la turbiedad por filtración (para materia en suspensión) o por floculación (para materia coloidal).

Temperatura

Es un parámetro muy importante debido a:

- 1) Regula la actividad biológica
- 2) Afecta / favorece a un gran número de reacciones que se llevan a cabo en el agua
- 3) Influye en la solubilidad de las sustancias en el agua
- 4) Está asociada al crecimiento de algas

Sólidos disueltos

Se define como el material que permanece en el agua después de eliminar los sólidos en suspensión. Proceden de la propiedad que tiene el agua de disolver y pueden ser orgánicos o inorgánicos. Pueden producir sabor, color y olores desagradables.

pH

Indica la acidez o basicidad del agua. Sus principales efectos son:

- Es un parámetro de calidad importante, ya que el rango de pH adecuado para la existencia de actividad biológica es bastante estrecho y crítico.
- Tiene una gran influencia en los fenómenos de corrosión.

Alcalinidad

Es la cantidad de iones en el agua que reaccionan para neutralizar iones hidronio. Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos. El grado de alcalinidad en un agua es importante para el desarrollo de tratamientos químicos e influye también en la eliminación biológica de nutrientes.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno consumida (a 20 °C y durante 20 días) por los microorganismos en la oxidación bacteriana de la materia orgánica biodegradable contenida en una muestra de agua. Se expresa en mg O₂/l o ppm (partes por millón). Habitualmente se determina la DBO₅ (a 5 días).

Éste parámetro determina la cantidad aproximada de oxígeno necesario para la estabilidad biológica de la materia orgánica. Sirve para dimensionar las instalaciones de tratamiento. Debe mencionarse que 5 días no son suficientes para lograr la completa oxidación biológica ya que éste es un proceso lento; se considera que en un periodo de 20 días se completa en un 95-99% la oxidación, mientras que en 5 días el valor es del 60-70%.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se emplea para medir el contenido de materia orgánica en las aguas. Es la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación química de sustancias orgánicas (y algunas inorgánicas) contenidas en el agua analizada. Normalmente se utiliza un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido durante dos horas de digestión. Se expresa en mg O₂/l. La relación de DBO/DQO se utiliza para identificar si un agua es tratable biológicamente (biodegradable).

Tipos de Tratamientos

La depuración o tratamiento se lleva a cabo a través de una serie de etapas u operaciones unitarias secuenciadas, las cuales pueden desarrollarse, todas o alguna de ellas, en el mismo lugar de producción ó en plantas centralizadas al servicio de varios usuarios. Las operaciones de depuración admiten dos clasificaciones distintas. La primera se realiza en base al tipo de elemento utilizado en el proceso y se distingues:

- a) Tratamientos biológicos: Cuando hay presencia de elementos vivos.
- b) Tratamientos físico-químicos: Cuando intervienen reactivos químicos y/o factores físicos

La segunda clasificación se realiza según la ubicación del proceso dentro del esquema de planta de tratamiento:

- a) Previos o pre-tratamientos: para la separación de sólidos de dimensiones considerables
- b) Primarios: Se definen como los tratamientos físicos y/o químicos que comportan la sedimentación de sólidos en suspensión,

reduciéndose parámetros como el DBO5 al menos en un 20% y los SST en un 50% como mínimo.

- c) Secundarios: Tratamiento del agua mediante un proceso que, en general, engloba un tratamiento biológico con sedimentación secundaria.
- d) Terciarios: encaminados a degradar contaminantes orgánicos no biodegradables (compuestos sintéticos) y nutrientes minerales (especialmente nitrógeno y sales de fósforo).
- e) Desinfección: Es la etapa final en los procesos de tratamiento. Su misión es eliminar bacterias enteropatógenas y virus que no fueron eliminados en las etapas previas.

Como resultado de la depuración se obtendrán unos lodos o fangos procedentes de los decantadores. Por lo que, de todo proceso de tratamiento de aguas industriales tiene al final dos líneas de proceso:

1. La del efluente deseado: agua
2. La de fangos

Debido a que la calidad del agua se determina en función al uso al que está destinada, los valores y/o rangos de los parámetros analizados varían y existen normas específicas para los determinados giros industriales.

Esta sección presenta un panorama general de la secuencia de tratamiento de agua residual industrial de la Organización de referencia.

La Organización facilitó la información necesaria y requerida para el desarrollo de ésta investigación con el interés en común de poder obtener el mayor provecho y optimizar el uso de un recurso como lo es el agua. El proyecto de investigación está enfocado en los posibles beneficiarios: las comunidades aledañas a la Planta productora, mediante las propuestas prácticas de reutilización de éste proyecto.

El sistema de tratamiento de aguas de la planta tiene una antigüedad de 12 años y fue diseñada y construida empleando los parámetros de trabajo contenidos en la Tabla 10 con la finalidad de que el efluente sea vertido a un bien nacional (río grande de Morelia) en donde hace dilución en corriente cumpliendo con la normativa vigente.

Se dispone de un Manual de procedimientos del STAR (Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales) que contiene los métodos y mecanismos de operación, los análisis de laboratorio a cumplir y las prácticas preventivas de control que se aplican en caso de que el proceso lo requiera.

Tabla 10. Parámetros de diseño de la PTAR

Flujo de diseño: 2545 m³ / día

Parámetro	Influente	Efluente
DBO5*	1,800 mg/l	<= 50 mg/l
SST**	250 mg/l	<= 50 mg/l
Grasas y aceites	180 mg/l	<= 30 mg/l
pH	6 - 13	6 - 9

Con base en esto se lleva un control óptimo de las condiciones del sistema. La planta tiene una capacidad superior a la requerida para atender la demanda de producción actual, está diseñada para tratar 2,545m³/día y actualmente procesa un promedio de 974 m³/ día, esto indica un requerimiento de capacidad del 38% aproximadamente.

Se lleva una operación orientada al control de parámetros terminales como DBO5, DQO, pH, Grasa y Aceites, Detergentes, Nitrógeno, Fósforo, Sólidos Suspendidos Totales y Temperatura, extraídos de las normas ambientales a cumplir y a regulación propia de la empresa. Se monitorea de manera periódica el comportamiento de la planta con el propósito de detectar cambios en el proceso. Se realizan con frecuencia

establecida muestreos por parte de Organismos certificados para realizar los análisis pertinentes al efluente y observar el cumplimiento mediante terceros.

La secuencia de proceso está diseñada del a siguiente forma:

Tabla 11. Diseño del tren de tratamiento

Elemento	Función
Cárcamo 1	Retirar sólidos grandes y ajuste inicial de pH
Hidro-tamiz	Cribado fino (arenas)
Tanque 1 Igualación	Igualación, amortiguador de flujo y de carga, ajuste de pH
Reactor Biológico	Tratamiento primario, reducción de DBO y DQO
Tanque 2 Lodos Activados	Tratamiento secundario, reducción de DBO, DQO y sedimentación de lodos
Clarificador	Sedimentar lodos y sólidos
Cárcamo de descarga	Conexión a la red de descarga, medición de flujo, muestreo

Tabla 12. Línea de lodos activados

Elemento	Función
Tanque de lodos	Reúne los lodos obtenidos del clarificador y del tanque de lodos activados (excedentes), Sedimentación de lodos
Cárcamo de bombeo de lodos	Preparar los lodos, adición de floculante, para su envío al filtro prensa
Filtro prensa	Retirar el remanente de agua para dejar listos los lodos para su envío a relleno sanitario.

Se realizan, de forma periódica, acciones como ajuste de pH, cálculo y aporte de nutrientes (urea de uso agrícola) y la operación de los equipos de bombeo y soplado según el proceso lo requiera, éstas acciones

tienen un enfoque correctivo orientadas a mantener y en su caso restablecer las condiciones consideradas como adecuadas para la operación.

5.2 Control de la Calidad del agua ya regenerada

La etapa de control de la calidad se organizó de manera siguiente:

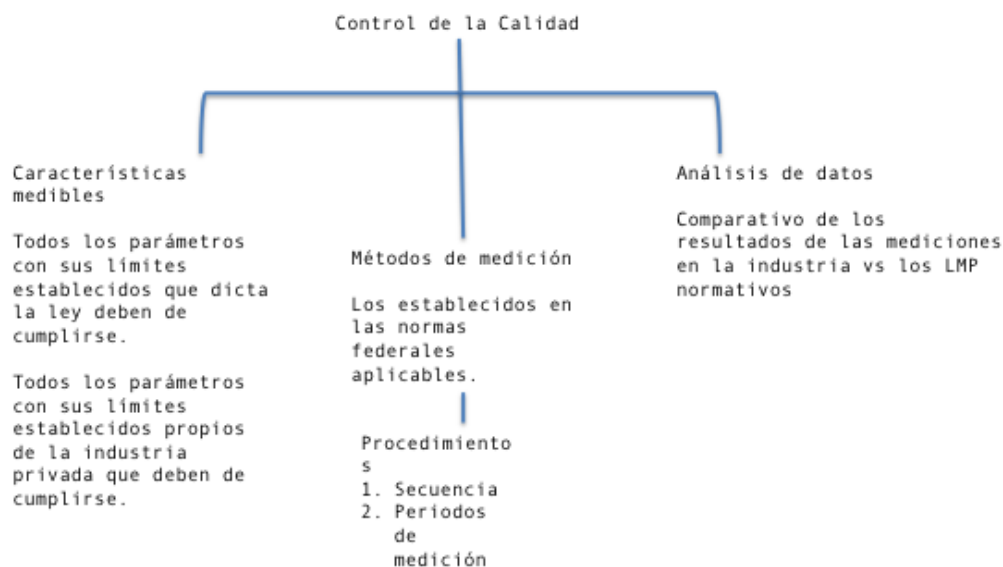


Gráfico 14. Organigrama de Control de la Calidad

Las características o parámetros que se deben medir y controlar, son las propuestas por las NOM enlistadas en el capítulo IV.

Las características que se miden por lineamientos internos de la Organización (Requisito "WASTEWATER QUALITY"), se enlistan mas adelante.

No se hace referencia detallada de los métodos de medición puesto que no es el propósito del trabajo analizar cómo se miden los parámetros de calidad. Pero sí se aclara su existencia y que están a detalle dentro de las NOM aplicables. Al igual que las frecuencias de monitoreo.

La norma que regula el reúso de agua residual tratada es la NOM-003-ECOL-1997 "Límites máximos permisibles para el reúso de agua residual tratada", Sin embargo, es de observancia obligatoria únicamente para las entidades públicas.

No obstante la calidad del agua regenerada de la Planta cumple con los parámetros de las 3 normas que regulan la descarga de aguas residuales.

Para ejemplificar las condiciones en las que se encuentra el agua regenerada al momento de ser vertida al alcantarillado, se realiza un cuadro comparativo (Tabla 13) entre los parámetros de control de la calidad requeridos por normas de gobierno y los parámetros internos de la Planta.

La norma que de principio se tiene que cumplir es la NOM-002-ECOL-1996. Límites máximos permisibles para descargas de agua residual al alcantarillado.

La Planta debe por obligación analizar una vez por mes una muestra de agua con un ente autorizado y certificado y enviar los resultados al Organismo Operador (OOAPAS) quién regula todo lo referente al agua en el municipio de Morelia.

La norma específica también que se deben realizar análisis diarios y tener el promedio mensual. Ambos datos tienen su límite particular, debido a que de forma diaria se pueden presentar picos en los análisis por situaciones de diversa índole como fallas operativas y lluvia. La lluvia afecta al sistema de tratamiento debido a que los cárcamos de aireación

son abiertos a intemperie lo cual origina que el agua modifique el pH del tanque y afecta a los microorganismos que ahí habitan.

Características medibles

Tabla 13. Comparación de parámetros reales de la planta y Límites máximos permisibles

NOM-002-ECOL-1996 Descarga a Alcantarillado				Wastewater Quality LMP	
Límites máximos permisibles					
Parámetros	Unidad	P.M**	P.D**		
Grasas y aceites	mg/l	50	75	3 - 6	
Sólidos sedimentables	ml/l	5	7.5	1 - 2	
Arsénico total	mg/l	0.5	0.75	---	
Cadmio total	mg/l	0.5	0.75	<0.02	
Cianuro total	mg/l	1	1.5	---	
Cobre total	mg/l	10	15	<10	
Cromo hexavalente	mg/l	0.5	0.75	---	
Mercurio total	mg/l	0.01	0.015	Ausente	
Níquel total	mg/l	4	6	Ausente	
Plomo total	mg/l	1	1.5	<0.4	
Zinc	mg/l	6	9	<6	
pH	---	5.5 - 10		6 - 9	
T	°C	<40		<5***	
Materia flotante	---	Ausente		Ausente	
DBO5*	mg/l	75	150	<10	<10
SST*	mg/l	75	125		5 10

*P.M: Promedio Mensual, P.D.: Promedio Diario

*** Variación de la temperatura respecto al medio que recibe la descarga.

Cómo se puede observar, todos los parámetros que son de control interno de la Planta están por debajo de lo que solicita la norma federal. Adicional, la empresa tiene parámetros internos (Tabla 14) que no solicita la norma federal pero es requisito de la Organización y todas sus embotelladoras a nivel mundial deben cumplir con los estándares que ésta impone, sin excepción. El control de éstos parámetros mejora la calidad del agua del efluente del sistema de tratamiento de aguas y lo vuelven más próximo a satisfacer el reúso para contacto directo con la población.

Tabla 14. Parámetros de control internos

Wastewater Quality		
LMP de control interno		
Parámetro	Unidades	LMP
DQO	mg/l	<80
Cloro residual	µg/l	<10
SDT	mg/l	<1500
Sulfatos	mg/l	<250
Tensoactivos*	mg/l	<0.05
Oxígeno disuelto	mg/l	>4
Conductividad	---	<1997
COLOR	Pt/Co	100

La NOM-003-ECOL-1997 establece que además de los parámetros de la NOM-002 deben cumplirse algunos citados en la NOM-001 (Tabla 15).

Tabla 15. Parámetros y Límites máximos permisibles para reúso de agua residual tratada

NOM-003-ECOL-1997 Reuso de agua residual tratada				WWQ
Límites máximos permisibles				
Parámetros	Unidades	C. Directo	C. Indirecto	
		P.M	P.D	
Grasas y aceites	mg/l	15	15	<6
DBO5	mg/l	20	30	<10
SST	mg/l	20	30	<10
Coliformes Fecales	NMP/100ml	240	1000	Ausente
Huevos de Helminto	(h/l)	≤1	≤5	Ausente
Nitrógeno total	mg/l	40	60	<40
Fósforo total	mg/l	20	30	<5

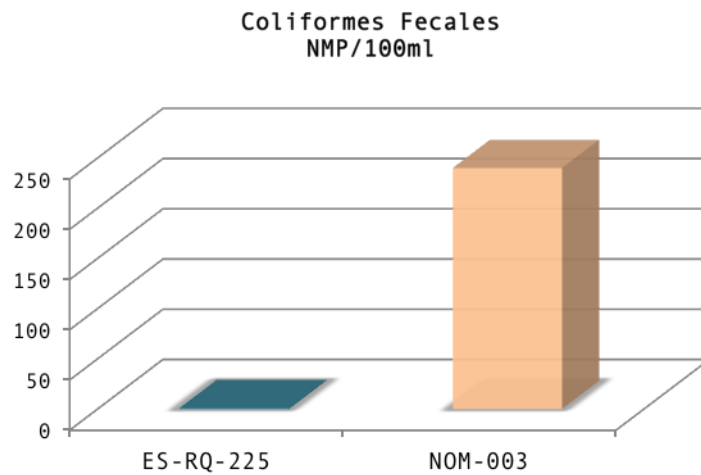
* NOM-001-ECOL-1996

** P.M: Promedio Mensual P.D: Promedio Diario

La explicación a que parámetros como Coliformes fecales y Huevos de Helminto se limiten al grado de ausencia es porque es una obligación legal mantener líneas de descarga separadas del proceso de producción con las líneas de desechos sanitarios y otras.

Análisis comparativo de los datos

Observando las diferencias entre los parámetros más relevantes:



Gráfica 15. Comparativo de Coliformes Fecales.

Mientras la norma solicita no exceder el límite de 250 coliformes fecales por cada 100 ml, la PTAR mantiene un valor límite de cero.

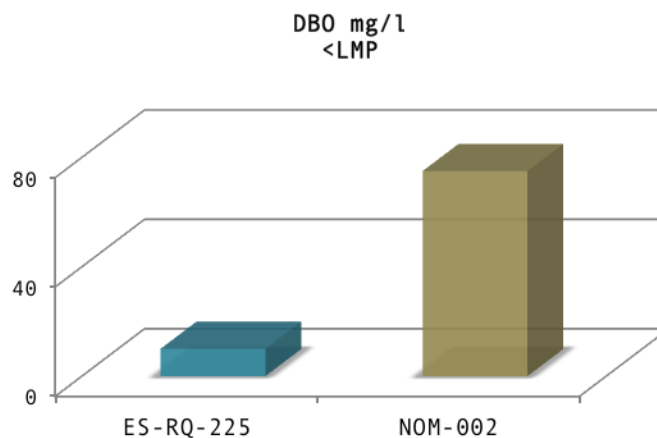


Gráfico 16. Comparativo de Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO₅ se mantiene por debajo de los 10 mg/l en promedio. La norma exige como LMP 75 mg/l.

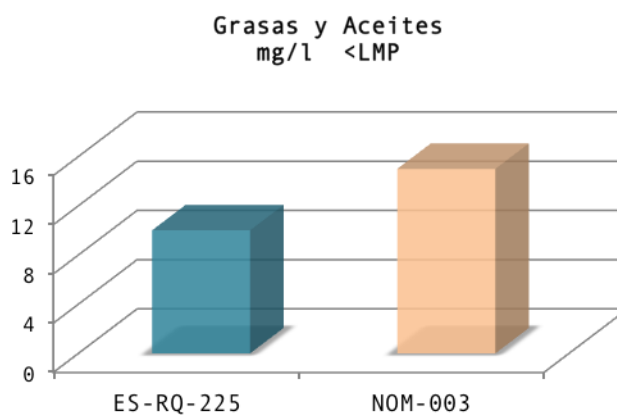


Gráfico 17. Comparativo de Grasas y aceites

Todos los parámetros antes vistos son de extrema importancia para mantener los cuerpos de agua en condiciones propias que aseguren la supervivencia de sus organismos endógenos y que no alteren las condiciones naturales.

Tabla 16. Comaparación de datos reales.

PARÁMETRO	UNIDADES	ES-RQ-225		NOM-001		NOM-002*		NOM-003**	
		LMP	Cumple	LMP	Cumple	LMP	Cumple	LMP	Cumple
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1000	SI	<2000	SI	Ausente	SI	<1000	SI
Materia Flotante	---	Ausente	SI	<40	SI	Ausente	SI	Ausente	SI
Temperatura	°C	<= 5	SI	<= 40	SI	<= 40	SI	<= 40	SI
Temperatura de Variación	°C	6.0-9.0	SI	5.0-10.0	SI	5.5-10.0	SI	<= 40	SI
pH	U	< 50	SI	<150	SI	< 150	SI	< 30	SI
DBO	mg/L	< 50	SI	<2	SI	< 7.5	SI	< 30	SI
Sólidos Sedimentables	mL/L	< 50	SI	<125	SI	< 125	SI	< 30	SI
Sólidos Suspendedidos Totales	mg/L	< 2000	SI	<= 2000	SI	<= 2000	SI	<= 2000	SI
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	< 0.02	SI	< 0.2	SI	< 0.75	SI	< 0.2	SI
Cadmio	mg/L	<= 0.02	SI	< 0.2	SI	< 0.75	SI	< 0.2	SI
Cromo Hexavalente	mg/L	<= 0.02	SI	< 0.2	SI	< 0.75	SI	< 0.2	SI
Cromo Total	mg/L	<= 0.02	SI	< 0.2	SI	< 0.75	SI	< 0.2	SI
Plomo	mg/L	< 0.1	SI	< 0.40	SI	< 1.5	SI	< 1.5	SI
Niquel	mg/L	< 0.1	SI	< 0.40	SI	< 1.5	SI	< 1.5	SI
Zinc	mg/L	< 20	SI	< 20	SI	< 9	SI	< 20	SI
Cobre	mg/L	< 10	SI	< 20	SI	< 15	SI	< 6	SI
Grasas y Aceites	mg/L	< 10	SI	< 25	SI	< 75	SI	< 15	SI
Arsénico	mg/L	< 0.05	SI	< 0.2	SI	< 0.75	SI	< 0.4	SI
Cianuros	mg/L	< 0.05	SI	< 0.2	SI	< 1.5	SI	< 3.0	SI
H.Helminto	U/L	< 0.05	SI	< 0.2	SI	< 1.5	SI	< 5	SI
Mercurio	mg/L	< 0.05	SI	< 0.2	SI	< 1.5	SI	< 5	SI
Aluminio	mg/L	< 1.5	SI	< 1.5	SI	< 0.015	SI	< 0.02	NO
N.Nitratos	mg/L	< 1.5	SI	< 1.5	SI	< 0.015	SI	< 0.02	NO
N.Nitritos	mg/L	< 1.5	SI	< 1.5	SI	< 0.015	SI	< 0.02	NO
N.Amoniacal	mg/L	< 1.5	SI	< 1.5	SI	< 0.015	SI	< 0.02	NO
Cloro Residual	mg/L	< 1.5	SI	< 1.5	SI	< 0.015	SI	< 0.02	NO
Sulfatos	mg/L	< 250	SI	< 250	SI	< 250	SI	< 250	SI
SAAM	mg/L	< 0.5	SI	< 0.5	SI	< 0.5	SI	< 0.5	SI
Hierro Total	mg/L	< 1	SI	< 1	SI	< 1	SI	< 1	SI
Color Real	mg/L	100	SI	100	SI	100	SI	100	SI
Nitrógeno Total	mg/L	< 5	SI	< 5	SI	< 5	SI	< 5	SI
Fósforo Total	mg/L	< 5	SI	< 5	SI	< 5	SI	< 5	SI
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 1	NO	> 1	NO	> 1	NO	> 1	NO
CUMPLIMIENTO TOTAL A NORMAS/REQUISITOS (%)			100		100		100		100

* Norma con la que se le da cumplimiento legal a muestras obligaciones de descarga
 ** Norma que regula el reuso de aguas residuales tratadas para entidades públicas

Capítulo VI

Partes interesadas- Requerimientos

- 6.1 Recopilación de los requerimientos
- 6.2 Encuesta de evaluación de la opinión pública respecto a la propuesta

6.1 Recopilación de los requerimientos

Ésta etapa del proyecto fue de cierta manera fácil debido a que la principal parte interesada, las viviendas aledañas a la Planta, tienen un jefe de Sección que se ha encargado de liderar sus requerimientos. Por lo que fue hasta cierto punto asequible llegar a las demandas y requisitos impuestos por el potencial usuario. Las cuáles se enumeran a continuación:

1. Evaluar las características de calidad del agua tratada por un ente de su elección.
2. Conocer el flujo de agua que se donará a la comunidad.
3. Qué tipo de instalaciones se requieren para donar el agua y quién las proveerá.
- 4.Cuál es el plan de acción si el agua llega a causar problemas de salud?
5. Cuáles son los posibles problemas de salud que pudiera ocasionar el contacto con el agua tratada si ésta no tuviese las condiciones dichas?.

Cabe señalar que todos los requerimientos antes enlistados son factibles a consideración después y no antes, de arreglar el asunto de los pozos de agua.

6.2 Encuesta de monitoreo de la impresión pública respecto a uso de agua industrial tratada

La encuesta se ha realizado con fines sociológicos. Conocer la opinión pública y su interpretación operacional referente a la utilización de las aguas industriales tratadas.

Es sabido y se plasma en diferente bibliografía, que las distribuciones a respuestas a preguntas sobre actitudes u opiniones, variarán de un 15 a un 20%²⁹.



Para poder encontrar las variables apropiadas para la realización de la encuesta, se define como punto de interés la opinión de las “personas” interesadas. La educación, nivel socio económico, interés político y demás atribuciones personales (de la variable “personas”), se dejaron al margen del interés de la encuesta puesto que, todas las “personas” requieren de agua sin importar cuestiones de interés político y estructura social. Además de que se evitan grupos especiales y se eluden muestras muy selectas.

La selección de los encuestados se realizó al azar. Para obtener una encuesta fácil de asimilar, se utilizaron variables nominales y variables sustantivas.

De acuerdo a la bibliografía, se requieren tamaños de muestras grandes para detectar “diferencias significativas” por lo cuál se recomienda como ideal tener 150 o más casos para una encuesta de ésta naturaleza.

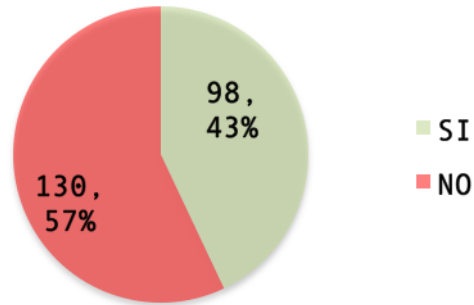
²⁹ James A Davis, 1975.

Formato de Encuesta de la percepción social.

ENCUESTA AL PÚBLICO SOBRE UTILIZACIÓN DE AGUA INDUSTRIAL TRATADA		Si	No
1	Conoce que es el agua industrial tratada?		
2	Conoce que se hace con el agua tratada de las industrias?	Si	No
3	Qué impresión le da el agua industrial tratada?	 Positiva	 Neutra
4	Con qué nivel de agrado utilizaría usted agua residual tratada para los servicios generales de vivienda?	Mucho agrado	Completo Desagrado
5	¿Cómo evaluaría el nivel de concientización que proporcionan las autoridades de su Localidad en cuanto a las aguas residuales tratadas?	Excelente	Regular
6	¿Conoce la calidad del agua de la red de suministro en su Localidad?	Si	No
			Malo
			No existente

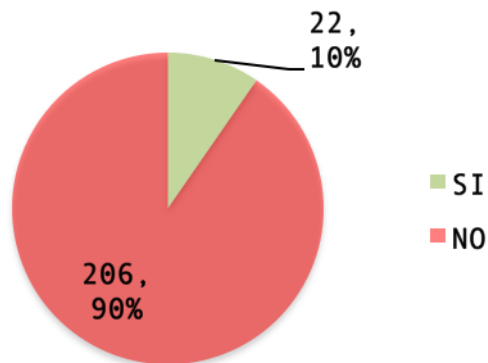
Los resultados después del tratamiento de datos (228):

1. ¿Conoce qué es el agua industrial tratada?



Gráfica 18. Conocimiento de concepto de Agua industrial tratada

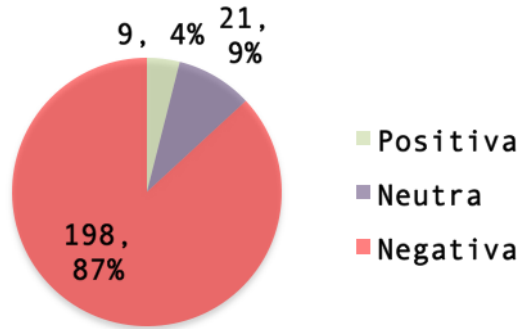
2. ¿Conoce qué se hace con el agua tratada de las industrias?



Gráfica 19. Conocimiento del destino final de AIT

Del 9.6% que respondió que Sí, la respuesta general fue que el agua era enviada al drenaje.

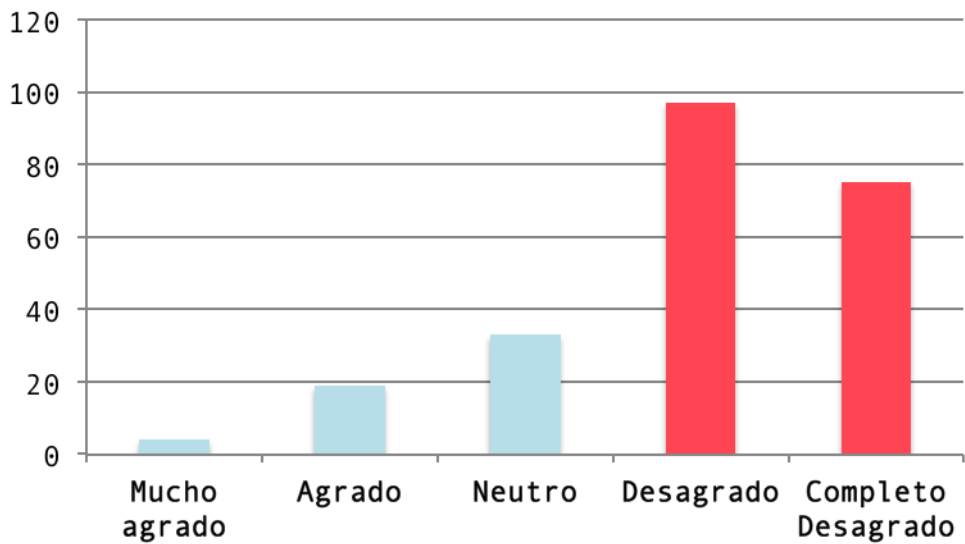
3. ¿Qué impresión le da el agua industrial tratada?



Gráfica 20. Impresión del AIT

La razón más común fue: El agua ya sirvió su propósito.

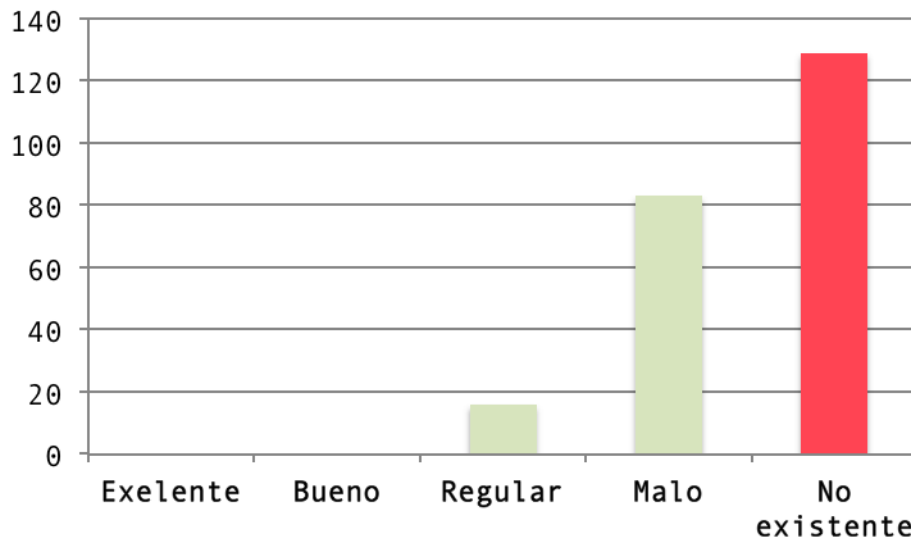
4. ¿Con qué nivel de agrado utilizaría usted agua industrial tratada para los servicios generales de vivienda?



Gráfica 21. Nivel de aceptación del AIT

La razón principal fue que no se considera que tiene la calidad necesaria.

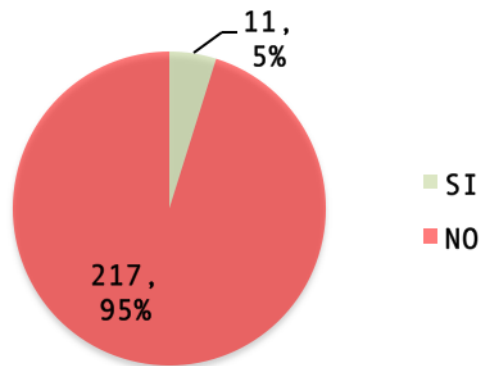
5. ¿Cómo evaluaría el nivel de concientización que proporcionan las autoridades en su localidad referente a las aguas industriales tratadas?



Gráfica 22. Conocimiento del AIT

El comentario más repetitivo fue: Sólo se hace publicidad a no malgastar el agua.

6. ¿Conoce la calidad del agua de la red de suministro en su Localidad?



Gráfica 23. Calidad del agua de suministro municipal

Referente a la pregunta 6, no se tiene conocimiento del tren de tratamiento por el que pasa el agua municipal antes de ser suministrada a la población, ni de las características de calidad que tiene el agua. La mayoría de los encuestados no sabe de dónde se obtiene el agua que llega a la población.

Como se puede observar existe reticencia y prejuicio por parte de la población encuestada acerca de reutilizar el agua industrial tratada; por temores a la salud y daños al ambiente principalmente. Podría ser necesario y conveniente realizar una adecuada explicación de los beneficios que conlleva la reutilización de agua industrial tratada.

En el caso particular de los habitantes aledaños a la Planta, es indispensable responder a las inquietudes que se tienen con respecto a la cuestión de los pozos de agua antes que continuar con la intensión de donar el efluente tratado para sus servicios. Esto debido a que la posición actual es de completa negación.

También es factible donar el agua a las instalaciones de una Universidad, debido a que la casa de estudios queda a unos metros de la Planta. El agua con la que la Universidad atiende los diferentes servicios desde riego hasta instalaciones sanitarias es agua cruda (extraen agua de pozo); pudiendo utilizar para esos usos el agua residual tratada de la industria de bebidas carbonatadas.

Capítulo VII

Conclusiones

“Agua soy que tiene cuerpo,
la tierra me beberá...”

Lila Downs

Debido a que el suministro de agua enfrenta problemas de disponibilidad, en calidad y cantidad adecuadas, es urgente hacer uso de otras fuentes de suministro que no sea la extracción de pozos y/o la explotación de cauces naturales. Las aguas tratadas están identificadas ahora como una fuente viable, pero existen muy pocas acciones concretas que no finalicen con la reutilización del agua para riego y en muchos de los casos es casi imposible trasladar el agua hasta el lugar. Las ideas propuestas para reutilizar el agua tratada en servicios directos a la población están limitadas por normas, intereses políticos y privados e incluso por prejuicios públicos. Aún cuando se gestiona con sistemas de calidad y ambientales, la Organización ha encontrado diversas trabas al realizar el intento de donar el recurso tratado aún cuando el cuerpo del trabajo confirma la hipótesis de que las características de calidad del efluente cumplen sobradamente con la normatividad exigida.

Un aspecto importante de los sistemas de gestión es el contacto con las partes interesadas y en el caso, en algún punto del proyecto se trato con el hecho de que la población no está lista para reutilizar el agua tratada para servicios particulares. Sin conocer las características de calidad, frases como “no queremos agua de desecho” o “merecemos agua limpia” son más reales que el agua tratada. En su momento concluí que no queremos agua los que tenemos agua (aunque sea cuatro días de siete). Tenemos disponibilidad del recurso al girar la llave de agua en la cocina, en la regadera, en el patio, en planta baja o en un piso arriba; en una casa promedio cada 3 metros existe una herramienta que nos permite tener agua disponible con la acción de girar una mano. Es por eso que no queremos saber de agua tratada.

No obstante, esa no es una realidad general. Un gran porcentaje de la población no cuenta con las herramientas necesarias para dar su opinión, o en su defecto, para evidenciar las condiciones en las cuáles pueden tener disponibilidad al recurso. En algunas regiones (incluso

localidades dentro de manchas urbanas) la población debe caminar metros o incluso kilómetros para llenar cubetas de agua y de ahí de regreso al lugar dónde finalmente el recurso es utilizado.

Más de una razón semejante me hace afirmar ahora que un gobierno no es la única parte social que puede poner en peligro, restringir u obstaculizar los derechos sociales (en éste caso particular el derecho al agua, el derecho a la disponibilidad del recurso), los individuos y las corporaciones poseen el poder y potencial de interferir de forma positiva y/o negativa. Un conjunto unificado de individuos tendría el poder de interferir, por ejemplo, en la privatización del servicio de agua potable; o sea, que la industria privada toma agua que es un bien nacional y la vende, obtiene ganancias por proveer un servicio que debería ser gestionado a través de políticas públicas y proporcionado por el gobierno (con su correspondiente costo). Un conjunto de individuos tendría el poder de exigir y demandar el suministro de agua potable en dónde no se tiene, porque es una obligación constitucional. Un conjunto de individuos tendría ese y más poderes, pero no somos un conjunto unificado de individuos, somos mas bien una sociedad con una mayoría de entes individuales y el pensamiento individualista hace imposible los conjuntos unificados.

Resulta complejo el hecho de combatir prejuicios, cambiar puntos de vista y respuestas negativas públicas únicamente con mecanismos de comunicación y difusión de la información, pues la asimilación de la información comunicada depende de más de un factor particular de cada individuo; en primer lugar la disponibilidad al cambio y saber escuchar, en segundo lugar la comprensión de lo escuchado, el razonamiento de ideas ajenas (que en ese momento no se creen necesitar) resulta no fácil de lograr.

Desde otro ángulo, en éste momento sólo las ideas que se perciben como grandes con una visión casi imposible de alcanzar son propias de la atención necesaria. No se gasta tiempo en ideas “sencillas”, “poco

ambiciosas”, (e imposible de creer) “no urgentes”. Reutilizar el agua tratada para servicios públicos no urge en los ámbitos de gobierno ni social.

Finalmente, reconozco que todos los problemas mayores que se encaran ahora y se han de enfrentar en el futuro (alimentación, disponibilidad de agua, urbanización, deterioro ambiental, energéticos, etc.) están mas que nunca interrelacionados, una dinámica de desarrollo social no está determinada por el curso correcto de un solo factor o un problema en singular, sino por todos juntos. Así que en términos de agua y con pensamiento sistémico, se requiere identificar, analizar y concretar acciones preventivas a problemas futuros y su conexión e impacto con otros factores. Anticipar los cambios debe ser un desafío a cumplir.

Anexo I

Términos y Definiciones

1. **Agua.** Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno (H₂ O).
2. **Aguas azul.** Cantidad de agua extraída de los ríos, lagos, arroyos y acuíferos del país para los diversos usos, tanto consuntivos como no consuntivos.
3. **Aguas Nacionales.** Las agua propiedad de la nación, en los términos del párrafo quinto del Artículo 27 de La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
4. **Aguas residuales.** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícolas, pecuario, de plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. LAN.- Artículo 3, Fracción VI.
5. **Calidad**³⁰. Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.
 - a. **Aseguramiento de la calidad.** Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.
 - b. **Control de la calidad.** Parte de la gestión de la calidad
 - c. **Planificación de la calidad.** Parte de la gestión de la calidad enfocada en el establecimiento de los objetivos de la calidad y la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad.

³⁰ Términos propuestos por la ISO 9001:2008.

6. **Concesión.** Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de “la CONAGUA” o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación. LAN.- Artículo 3 Fracción XIII.
7. **Condiciones particulares de descarga.** El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por “la CONAGUA” o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales 2004 y los reglamentos derivados de ella. LAN.- Artículo 3 Fracción XIV.
8. **Cuerpo receptor.** La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos. LAN.- Artículo 3 Fracción XVII.
9. **Descarga.** La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor. LAN.- Artículo 3 Fracción XXII.
10. **Gestión del proyecto.** Planificación, organización, seguimiento, control e informe de todos los aspectos de un proyecto y la motivación de todos aquellos que están involucrados en él.
11. **Huella Hídrica.** Es la suma de la cantidad de agua que utiliza cada persona para sus diversas actividades y la que es necesaria para producir los bienes y servicios que consume. Incluye agua azul y agua verde.

12. **Parte interesada.** Persona o grupo que tenga un interés en el desempeño de los productos del proyecto (clientes).
13. **Proceso.** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
14. **Proyecto.** Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de costo, tiempo y recursos.
15. **Reúso.** La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo. LAN.- Artículo 3 Fracción XLVI.
16. **Sistema de agua potable y alcantarillado.** Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales. LAN.- Artículo 3 Fracción L.
17. **Uso consuntivo.** El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo. LAN.- Artículo 3 Fracción LV.

Índice de Tablas

- Tabla 1. Distribución del 1% de agua dulce en el planeta36
- Tabla 2. Influencia sobre el agua de presiones demográficas39
- Tabla 3. Regiones Hidrológico Administrativas de México47
- Tabla 4. Beneficios vs. Problemas de sustentabilidad en la extracción del agua51
- Tabla 5. Especies endógenas de peces54
- Tabla 6. Impurezas del azúcar estándar58
- Tabla 7. Riesgos en el proceso de Clarificación63
- Tabla 8. Legislación del agua en México69
- Tabla 9. Principales parámetros para la caracterización de agua tratada76
- Tabla 10. Parámetros de diseño de la PTAR81
- Tabla 11. Diseño del tren de tratamiento82
- Tabla 12. Línea de lodos activados82
- Tabla 13. Comparación de parámetros reales de la planta y los Límites máximos permisibles85
- Tabla 14. Parámetros de control internos86
- Tabla 15. Parámetros y LMP para reúso de agua residual tratada86
- Tabla 16. Comparativo de datos reales89

Índice de Gráfic@s

- Gráfico 1. Diagrama de Gestión de la Calildad19
- Gráfico 2. Esquema de la organización dele proyecto28
- Gráfico 3. Análisis FODA.....29
- Gráfico 4. Identificación de posibles usos posteriores al tratamiento.....30
- Gráfico 5. Matriz de control de proyecto33
- Gráfica 6. Crecimiento poblacional en el Mundo40
- Gráfica 7. Crecimiento poblacional en México41
- Gráfico 8. Distribución de la disponibilidad del agua48
- Gráfica 9. Volúmenes concesionados por RHA47
- Gráfica 10. Distribución de volúmenes concesionados48
- Gráfica 11. Usos consuntivos del agua50
- Gráfico 12. Proceso de disolución.....60
- Gráfico 13. Aspectos diversos que impactan en le gestión del agua72
- Gráfico 14. Organigrama de control de la calidad83
- Gráfica 15. Comparativo de Coliformes Fecales87
- Gráfica 16. Comparativo de DBO₅88
- Gráfica 17. Comparativo de Grasas y Aceites88
- Gráfica 18 – 23. Resultados de la encuesta94 a 96

Bibliografía

- 1 Annan Kofi, 2003. Veáse Fondo de las Naciones Unidas, Decenio del agua Fuente de Vida 2005-2015. <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/>
- 2 Takashi Asano & Audrey D. Levine, 1991. "Water Reclamation and Reuse". UNESCO-EOLSS, pág. 4.
- 3 SEMARNAT, 2010. "Estadísticas del agua en México". Ediciones 2010 y 2011.
- 4 **ISO 10006:2003**. "Sistemas de gestión de la calidad –Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos"
- 5 **ISO 9000:2005**. "sistemas de Gestión de la Calidad –Fundamentos y Vocabulario"
- 6 **J. M Juran, 1990**. "Planificación para la Calidad". Ediciones Diaz de Santos S.A. pág 11.
- 10 **Miklos Tomas, 1998**. "Criterios Básicos de Planeación". Instituto Federal Electoral, pág 14.
- 11 **Amitai Etzioni, 1968**. "La Exploración combinada de la toma de decisiones". Public Administration Review Journal, No. 27, pág 385-392.
- 13 **Butrón Silva J Arturo, 1981**. Trabajo de Tesis "Administración y Control de Proyectos de Plantas de Proceso", pág 17.
- 14 CONAGUA, 2011. "Agua en el Mundo". Archivo Histórico y Biblioteca, pág 12.
- 15 Nicolay Shiklomanov, 2004. "World Water Resources at the Beginning of the Twenty-first Century". Cambridge University Press, pág 10.

- 16 Asit k Biswas & Cecilia Tartajada, 2009. "Water Supply of Phnom Penh: A Most Remarkable Transformation". International Journal of Water Resoureces Development" , pág 06.
- 17 Banco Munidal 2012.
<http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- 18 Banco Munidal 2012.
<http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- 19 INEGI, 2010.
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>
- 20 Bolt Alan, 2001. "Por amor al agua". Calmecalt Nicaragua, pág 45.
- 21 BBC, 2011. <http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-11501416>
- 22 INE, 2010. <http://www.ine.gob.mx>
- 23 CONAGUA, 2010. "Situación de los Recursos Rítricos".
<http://conagua.gob.mx>, pág 21.
- 24 SEMARNAT 2010. "Estadísticas de los Recursos Hídricos". Atlas Digital del Agua México.
- 29 **James A Davis, 1975.** "Análisis elemental de encuestas". Trillas, pág 22.
- 27 <https://publicadministrationreview.org>
- 28 **Koontz Weihrich, 2012.** "Administración, una perspectiva global". Mc Graw Hill. pág. 112, 250.
- 29 **Ackoff, Russell.** "Rediseñando el Futuro". Limusa. 1979.