



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**METODOLOGÍA ESTADÍSTICA PARA DETERMINAR
EL TREN DE PROCESOS PARA PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES ÓPTIMO PARA COSTOS
OPERATIVOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA

Noemi Elibeth Ramírez González

Tutor: Arturo Antonio García Figueroa

Ciudad Universitaria, CDMX., 2024





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor:** ALFONSO DURAN MORENO

VOCAL: **Profesor:** BERNARDO CARREON CALDERON

SECRETARIO: **Profesor:** ARTURO ANTONIO GARCIA FIGUEROA

1er. SUPLENTE: **Profesor:** FEDERICO CARLOS HERNANDEZ
CHAVARRIA

2° SUPLENTE: **Profesor:** OSCAR DE ANDA AGUILAR

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, FACULTAD DE QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:

ARTURO ANTONIO GARCIA FIGUEROA

SUPERVISOR TÉCNICO:

JOSE LUIS LOPEZ CERVANTES

SUSTENTANTE:

NOEMI ELIBETH RAMÍREZ GONZÁLEZ

Índice General

1. Introducción	6
1.1. Problemática.....	6
1.2. Justificación.....	7
Objetivos Particulares	7
2. Alcances	7
3. Resumen	8
4. Marco Teórico	9
4.1. Usos Industriales del agua	9
4.2. Estado del tratamiento del agua residual industrial en México.....	13
4.4. Características del agua residual en México.....	19
4.5. Componentes fisicoquímicos por analizar	20
5.6. Tecnologías convencionales disponibles para tratamiento del agua	23
5.7. . Desbastes de contaminante	24
5.8. Definiciones Económicas	26
5. Hipótesis	34
6. Desarrollo de la metodología de evaluación	34
6.1. Descripción.....	34
6.2. Descripción de las matrices y desarrollo del algoritmo.....	36
6.3. Resultados finales	39
7. Discusión de resultados	43
7.1. Consideraciones generales	43
7.2. Comparativo de resultados.....	44
8. Conclusiones	46
8.1. Objetivo General:	46
8.2. Objetivo Particular 1.1.	46
8.3. Objetivo Particular 1.2.	46
8.4. Objetivo Particular 1.3.	47
8.5. Validación de la Hipótesis	47
9. Recomendaciones	47
10. Glosario	48
11. Bibliografía	49
12. Anexos	54

Índice de Tablas

Tabla 1 Consumos de Agua dentro de la Industria Autoabastecida.....	12
Tabla 2 Origen del agua del consumo para Industria Autoabastecida	13
Tabla 3 Crecimiento 2000- 2019 en capacidad y operación PTAR industriales....	14
Tabla 4 Resumen y estadísticas de tratamiento de agua industrial por tratamiento	15
Tabla 5 Consumos industria – Caudal tratado en PTAR industriales.....	16
Tabla 6 Parámetros fisicoquímicos medidos en la NOM 001	21
Tabla 7 Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos NOM 004	22
Tabla 8 Frecuencia de muestreo y análisis para lodos y biosólidos.....	22
Tabla 9 Resumen de mediciones	23
Tabla 10 Resumen de tecnologías de tratamiento de agua efluente usadas en la industria.....	24
Tabla 11 Recopilación de desbastes.....	26
Tabla 12. Costo de capital paramétrico.....	29
Tabla 13. Funciones de costo	29
Tabla 14 Costos de unidades.....	30
<i>Tabla 15 Funciones de costo de Tratamientos individuales.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 16. Funciones de costo determinadas.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 17 Relaciones de unidad de proceso para consumos eléctricos.....</i>	<i>32</i>
Tabla 18. Patógenos en distintas industrias.....	37
Tabla 19. Combinaciones.....	42
Tabla 20. Comparativas Finales.....	44

Índice de Figuras

Figura 1 Marco Legal Mexicano del Agua	18
Figura 2 Diagrama de Flujo Procedimiento	35
Figura 3 Configuración Básica de Tratamiento de Agua.....	38

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1	27
Ecuación 2	27
Ecuación 3	28
Ecuación 4	28

Índice de anexos

Anexo 1 Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2000	54
Anexo 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2009	55
Anexo 3. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2019	56
Anexo 4. Contaminantes convencionales y no convencionales. Agua residual industrial	57
Anexo 5. NOM 001 SEMARNAT 1996. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	59
Anexo 6. Matriz A	60
Anexo 7. Conformación de CAPEX y OPEX	62
Anexo 8. Resultados VPN @ 1 año, 5 años, 10 años, 15 años y 20 años	64
Anexo 9. Matriz N	65
Anexo 10. Matriz de Resultados Finales	66

Índice de Abreviaturas y Acrónimos

CAPEX: Gastos de capital es la cantidad que se gasta para adquirir o mejorar los activos productivos (tales como edificios, maquinaria y equipos, vehículos) con el fin de aumentar la capacidad o eficiencia de una empresa.

OPEX: Es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales

VPN: Valor presente neto

CONAGUA Comisión Nacional del Agua

EPA: U.S. Environmental Protection Agency

UE: European Union Law

INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

NOM: Norma Oficial Mexicana

PTAR: Planta de tratamiento de agua residual

SINA. Sistema Nacional de Información del Agua

REPDA Registro Público de Derechos de Agua

PNH Plan hídrico nacional

1. Introducción

La industria en México crece a un ritmo acelerado sobre todo en el periodo comprendido de 2010 a 2018 (INEGI PIB, 2020), aumentando de igual forma los requerimientos de recursos inherentes a sus consumos. El agua es uno de los recursos críticos para los procesos de la industria, ya que no sólo se usa en los procesos productivos sino para los servicios alrededor de ella, en ocasiones para generación de energía dentro de la misma industria.

Actualmente, las entidades administradoras del agua tienen suficientes elementos para medir los usos del recurso extraído analizando los impactos a cuencas hidrológicas. Sin embargo, el agua descargada producto de las actividades industriales actualmente no cuenta con un registro único y detallado, lo cual podría ser una herramienta para proteger del impacto que ejercen las diversas contaminaciones emitidas por ella. Estimular los tratamientos orientados hacia el reúso o reciclaje dentro de las industrias que lo permitan, servirían como un liberador de agua potable para un país que se encuentra limitado en infraestructura e hídricamente estresado en ciertas regiones. Dentro de la industria también serviría como un elemento que nos lleve a ahorrar costos de operación, maximizando la inversión a largo plazo.

Usando los datos oficiales disponibles proporcionados por los diferentes entes gubernamentales, la metodología a desarrollar nos permitirá ponderar si el método de tratamiento usado dentro de una aplicación industrial permite llegar a un equilibrio de efectividad para cumplir las normas actuales de descarga, optimizar costos de operación y costos capitales, para que de esta forma la inversión realizada pueda redituarse de forma óptima.

Se ha observado que, en México, la industria ha implementado elementos de vanguardia tecnológica en sus procesos, lo cual definitivamente es un impulsor para maximizar las inversiones a mediano y largo plazo. Aplicando este mismo principio al tratamiento y reciclaje de agua, la industria puede economizar sus operaciones a corto, mediano y sobre todo a largo plazo, ya que el recurso hídrico al ser más escaso en el futuro inevitablemente elevará los costos para la obtención del mismo. Esta disponibilidad tecnológica, también es una variable que se integrará a la metodología de estudio, al ser un factor importante en las actuales decisiones de los tratamientos de agua industriales.

1.1. Problemática

Los trenes de tratamiento de agua residual para la industria se deberían diseñar para desbastar todos los contaminantes presentes en el agua residual tomando en cuenta todas las variables involucradas como costos de implementación y costos operativos.

En ocasiones se implementan trenes de proceso con el único fin de cumplir con la normativa sin tomar en cuenta el reúso del agua o los costes operativos de dichos

trenes; los cuales terminan en desuso aumentando las estadísticas de plantas en no operación en México y haciendo que los recursos asignados sean poco aprovechados.

El desarrollo de una metodología integral que considere dentro de los parámetros de elección, los costos operativos además de los costos de implementación pueden resultar útil para los ingenieros de diseño y los organismos operadores resultando en una mayor vida útil de las plantas y el mejor aprovechamiento de los recursos públicos destinados a ello.

1.2. Justificación

En el presente trabajo se busca desarrollar una herramienta de análisis y que involucre los parámetros que resultan esenciales para que el tren de tratamiento de que se encuentre en fase de diseño resulte óptimo y exitoso a largo plazo. Identificar y abordar las ineficiencias en el diseño es fundamental para reducir los costos operativos asociados con el consumo de energía, reactivos químicos y mantenimiento. Permitirá igualmente una asignación más eficiente de recursos y logrará un balance entre los costos de implementación y costos operativos, al igual que mejorar la rentabilidad de los organismos operadores.

1.3. Objetivo General

Determinar los factores que influyen en la elección de los tratamientos de agua residual industrial en el ámbito nacional, estableciendo una metodología y proponiendo variables que permitan ponderar la efectividad operacional, tecnológica y de costos.

Objetivos Particulares

- 1.3.1. Proponer una metodología para ponderar las elecciones de tratamiento, basada en variables económicas de operación, costo de capital, disponibilidad de tecnología y efectividad de tratamiento verificando los cumplimientos de la normativa actual.
- 1.3.2. Analizar los parámetros que se analizaron en el pasado para elegir un sistema de tratamiento
- 1.3.3. Analizar si las Normas Mexicanas de actual implementación permiten una observación del amplio espectro de contaminación que se emite en el agua residual industrial.

2. Alcances

El presente estudio tiene como objetivo determinar las correlaciones entre las variables disponibles a priori, usando un análisis estadístico de datos operacionales, para poder elegir un tren de tratamiento de agua residual industrial que sea exitoso de forma operacional.

Para enmarcar el presente estudio, se revisarán datos oficiales proporcionados por CONAGUA para ratificar por medio de la metodología si las plantas de tratamiento industriales han sido elegidas tomando en cuenta estas variables. La literatura específica acerca de los métodos de elección incluirá los libros de cabecera de diseño, artículos dedicados, pero, sobre todo, los datos oficiales proporcionados y corroborados por la autoridad para realizar esta revisión.

La presente metodología busca responder la interrogante si en primer lugar si un determinado tren existente fue elegido de forma adecuada, cumpliendo con las normativas existentes y tomando en cuenta los factores operativos y en segundo lugar, se establecerán los pasos para incluir dichos parámetros dentro del algoritmo decisorio del ingeniero de procesos, encargado de establecer el o los procesos para un agua residual de determinadas características, otorgando bases de datos estadísticos, ecuaciones de correlación y una metodología confiable.

Las variables específicas que se estudiarán serán:

- De índole económica, valorando Costos de implementación y Operativos
- De índole técnica, como flujo de la planta, contaminantes específicos y tecnologías disponibles.
- De índole normativa, tales como las normativas que la autoridad solicita a las industrias cumplir de forma obligatoria.

El estudio abarcará las dos principales décadas en las cuales se tiene registro censal, siendo este marco temporal el que marca la referencia normativa para la evaluación de los sistemas enmarcados.

3. Resumen

El presente análisis buscó proponer una metodología útil para apoyar el proceso decisorio de tratamientos de agua residual industrial, ayudando a definir un mejor proceso orientado no solamente a costos capitales de adquisición, si no también otorgando una visión preliminar sobre los costos de operación que van a generar estos procesos. Esta herramienta de igual forma buscó orientar en general a los interesados en el tratamiento de agua residual industrial para poder obtener los máximos beneficios a largo plazo en una inversión de capital para tratamientos de agua.

El procedimiento consistió en análisis estadístico de datos con el fin de obtener datos fiables para procesar y una evaluación a base de matrices, combinando datos tales como trenes de tratamiento, costos de implementación o costo capital, costos operativos y valores derivados de estos como valor presente neto, el cual se usó como el valor económico combinado de estos dos valores. En el camino, se buscó que estos trenes de tratamiento cumplieran a cabalidad las normas

nacionales ya que un tren que no cumpla los valores de salida no sería de utilidad para nuestra evaluación. Las mejores tres calificaciones de Valor Presente Neto serían los trenes óptimos.

La metodología arrojó un proceso o procesos que, a la hora de realizar el diseño conceptual, orientaría a los ingenieros de diseño a evaluar de forma preliminar si las opciones que se contemplan pueden cumplir con las expectativas de costo capital y costo operativo óptimos, a la par de obtener datos de esta índole preliminares. De igual forma se verificó si los factores de disponibilidad tecnológica son variables de ponderación importante en la valoración de los tratamientos.

El objetivo fue determinar los factores que influyen en la elección de los tratamientos de agua residual industrial en el ámbito nacional, estableciendo una metodología y proponiendo variables que permitan ponderar la efectividad operacional, tecnológica y de costos.

Mediante esta metodología se obtuvieron resultados de las iteraciones posibles para condiciones particulares como flujo y contaminantes por industria, los tres mejores calificados fueron las opciones que tendrían costos capitales y costos operativos óptimos, para ser considerados para un diseño completo posterior o una matriz de alternativas.

Derivado de este estudio y como observación adicional, se apreció que las plantas de tratamiento de agua residual industrial construidas en décadas anteriores fueron construidas únicamente tomando en cuenta la inversión inicial y descartando los gastos de operación, lo cual fue una de las causas principales del desuso de estas. De igual forma se establecieron los pasos y variables esenciales que se tendrán que tomar en cuenta en el establecimiento del tren de tratamiento, de igual forma, se establecieron variables económicas que apoyaron a la evaluación de los trenes de proceso.

4. Marco Teórico

4.1. Usos Industriales del agua

En México, La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es quien regula y registra las estadísticas del agua en el país; a través de su plataforma de procesamiento e integración de información con respecto del agua, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). En esta plataforma se proporcionan varias clasificaciones para los usos consuntivos del agua. En el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), se registran las inscripciones de concesiones de explotación y permisos de descarga, los cuales agrupan los siguientes usos consuntivos: agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas. los usos no consuntivos que también se asientan en este registro

y son: hidroeléctrica y conservación ecológica.

Del total de volumen concesionado, los porcentajes correspondientes a los usos consuntivos son agrícola 76%, 15% para el abastecimiento público, 4% para la industria autoabastecida y 5% para el uso de energía eléctrica, esta disposición se puede observar en la gráfica 1.



Gráfico 1 Proporción de Usos consuntivos del agua en México (2018)
Fuente SINA

En la base de datos SINA, se observa que el consumo industrial ha subido paulatinamente, variando de 2,971.3 hectómetros por año, correspondientes al 3.84% en 2006 hasta 4,335.2 hectómetros por año, correspondientes a un 4.88% al 2018, este aumento paulatino se observa en la gráfica 2. Este crecimiento en el consumo corresponde al crecimiento de la economía registrado por INEGI en el mismo periodo.

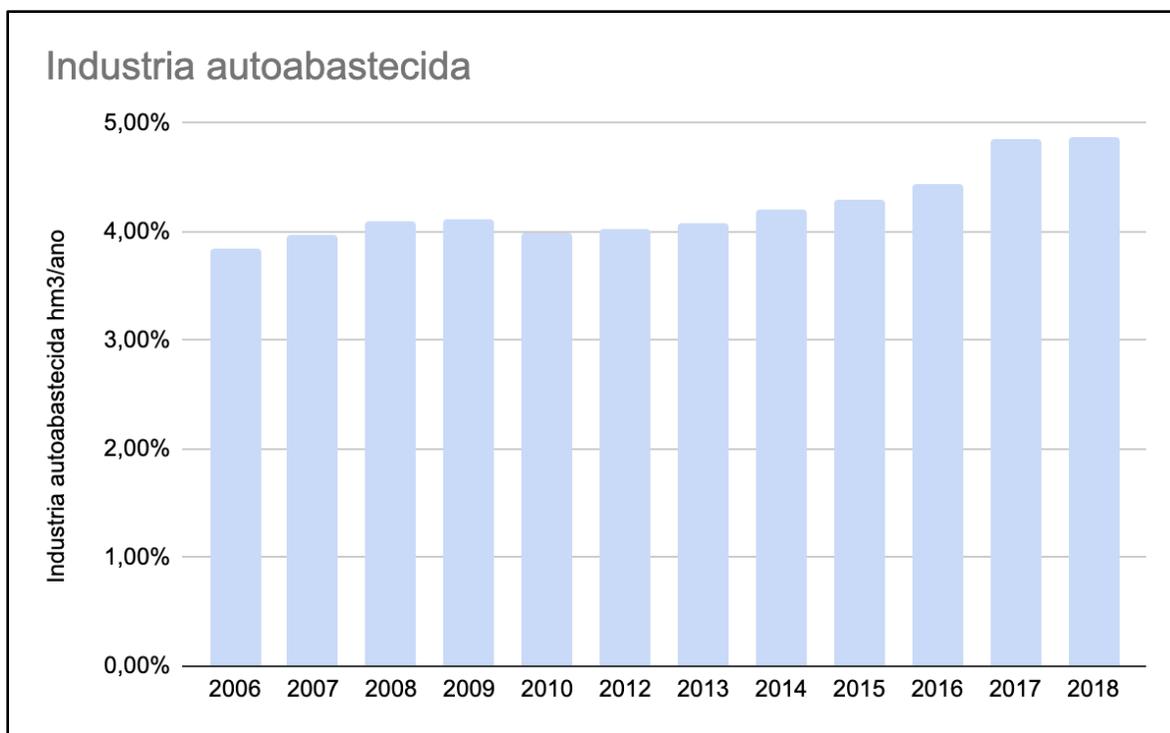


Gráfico 2 Consumos anuales industria autoabastecida del 2006 a 2020
Fuente SINA

Los consumos de las industrias en el país corresponden a seis ramas industriales principalmente: azucarera, química, petróleo, celulosa y papel, textil y bebidas, cuyas proporciones, dentro del rubro industria autoabastecida, se pueden observar en la tabla 1. Para el año 2016 se observa que la industria azucarera es la mayor consumidora de agua con 56% (al 2018), seguido de la industria química, la cual comprende el sector automotriz, autopartes, eléctrico, electrónico, manufacturera, adhesivos, inorgánicos, petroquímica secundaria o terciaria, resinas, fertilizantes y gases industriales (ICEX, Ficha Sector); en este rubro el consumo corresponde al 17%. El sector de la industria petrolera (petroquímica básica) consume el 8% del total del rubro industria autoabastecida, celulosa y papel 5%, textil y bebidas 3%, hierro y acero 5% y el sector otros usan el 6% restante. La tabla 1 nos muestra también las proyecciones para los años 2017 y 2018, las cuales fueron obtenidas proyectando este mismo porcentaje sobre el total de hectómetros consumidos reportados.

Año		2016 (Datos obtenidos)	2017 (Datos proyectados)	2018 (Datos proyectados)
	total (hm³)	3801,6	4266,9	4335,2
		hm³/ año	hm³/ año	hm³/ año
Azucarera	56%	2128,896	2.389,46	2427,712
Industria Química	17%	646,272	725,37	736,984
Petrolera	8%	304,128	341,35	346,816
Celulosa y Papel	5%	190,08	213,35	216,76
Textil y Bebidas	3%	114,048	128,01	130,056
Hierro y Acero	5%	190,08	213,35	216,76
Otros	6%	228,096	256,01	260,112

Tabla 1 Consumos de Agua dentro de la Industria Autoabastecida
Fuente Boletín Técnico Informativo CONADESUGA 2016

Los orígenes del agua para la industria autoabastecida resultan importantes para calcular los desgastes de las cuencas hidrológicas. Las cuencas hidrológicas son las unidades de gestión del recurso hídrico (CONAGUA 2019 y CONAGUA 2020) y actualmente las mediciones de niveles de agua se realizan principalmente en observancia a estas unidades en el territorio nacional.

En la tabla 2 se presenta la distribución del año 2016 al 2018 para los consumos de la industria autoabastecida. Se observa que el origen subterráneo tiene un mayor porcentaje de extracción o aprovechamiento, principalmente debido a la invariabilidad de las características fisicoquímicas de las aguas de pozos profundos y para evitar tratamientos.

Año	Origen superficial	Origen Subterráneo
	Porcentaje	Porcentaje
2018	46,5%	53,5%
2017	46,5%	51,2%
2016	42,1%	57,9%

Tabla 2 Origen del agua del consumo para Industria Autoabastecida
Fuente REPDA 2020

Los volúmenes de agua que demanda la industria dependen de cuatro factores: 1) los productos a elaborar, 2) la tecnología para la producción, 3) el proceso seleccionado y 4) la eficiencia con la que se produce. Casi el 89 por ciento del consumo de este sector lo realizan solo seis ramas industriales: azucarera, química, petróleo, celulosa y papel, textil y bebidas. Se estima que, dentro de la industria, los usos a los que se destina el agua el 50 por ciento se utiliza para enfriamiento y el 35 por ciento en procesos, variando en ciertos porcentajes de acuerdo a la industria, pero en general manteniendo estos rangos de utilización (Fuster, 2014).

A pesar de únicamente consumir el 4% del total del agua en México, el agua residual derivada de las actividades industriales en el país representa un sector importante de concentración de contaminantes, ya que en el país existen una diversidad de ramas industriales, distintos tamaños de empresas descargando contaminantes en gran concentración y con usos muy diversos del agua dentro de una misma industria. En el apartado 5.3, se examinarán con más detalle los diferentes tipos de contaminantes que la industria descarga y cómo impactan en el ambiente, inclusive en bajas proporciones. Se estima que, en México, la cantidad de contaminantes descargados podrían ser equivalentes a la contaminación e impacto de una población de 100 millones de habitantes, lo cual resalta la importancia del tratamiento del agua residual industrial ya que para 2010 se estimaba que el 70% de los cuerpos subterráneos presentaban contaminación por infiltración.

4.2. Estado del tratamiento del agua residual industrial en México

Para investigar cual es el estado de las plantas de tratamiento de agua residual industrial en México, se estudiaron datos publicados por la CONAGUA en el documento la situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento

de las ediciones 2000, 2009 y 2019.

Se analizaron los consumos de la industria autoabastecida desde el año 2000 hasta el 2020 y la proporción de acuerdo con los datos de situación del subsector de plantas de tratamiento de agua residuales industriales, observándose lo siguiente dentro de este análisis:

- Las capacidades de operación de las PTAR industriales ha aumentado del 32% al 56% (2000 a 2019) con respecto de los usos consuntivos del agua para la industria.
- Las exigencias de tratamiento de agua residual industrial siempre han estado por debajo de las necesidades reales de tratamiento
- Se observó que la capacidad de plantas que salieron de operación del año 2000 al 2009 fue de 60.8% a 50.6% aumentando a 85% pero debido a acciones específicas que las administraciones implementaron para revertir esta situación. Se observaron múltiples plantas que dejaron de operar por situaciones implícitas a falta de recursos y principalmente los que implican químicos. (Plan hídrico nacional “PNH 2014”).

Las tablas de los anexos 1,2 y 3, son extractos de los documentos Situación del subsector agua potable ediciones 2000, 2009 y 2019. A continuación, se mostrará la tabla analizando todos estos datos confrontándolos con los gastos para la industria autoabastecida.

No. de Plantas							
	Crecimiento en numero	% Crecimiento	Sin Operar	En Operación	Instalada (litros/seg)	En Operación (litros/seg)	
2000-2009	777		-10	+787	72,469.00	+11,420.00	
2009-2019	888	14.3%	-70	+958	28,895.90	+50,414.50	
2000-2019	1,665	87.5%	-80	+1,745	101,365	+61,835.00	

Tabla 3 Crecimiento 2000- 2019 en capacidad y operación PTAR industriales -Fuente Resumen Anexo 1, 342 Y Anexo 3 - CONAGUA

En la tabla 3 se pueden observar el crecimiento de PTAR industriales, de las cuales el principal dato que se logra condensar es el caudal total de operación. Contrastando el caudal de operación de las PTAR industriales contra los datos de

caudal de consumo de industria autoabastecida, se pueden obtener los porcentajes de agua tratada industrial, los cuales se muestran en la siguiente tabla como proporción de tratamiento (primario y secundario).

Es importante puntuar que el consumo del año 2000 fue proyectado ya que los datos de ese año incluían el consumo de la industria energética.

año	Datos de Consumo de Agua - Industria Autoabastecida (hm ³ /año)	Capacidad PTAR Industriales (hm ³ /año)	Operación PTAR industrial (hm ³ /año)	Proporción de Tratamiento Primario (Operación)	Proporción de Tratamiento Secundario
2000	3700.0	1,309.88	797.23	32%	44.2%
2009	3319.7	2,285.38	1157.37	35%	33.64%
2019	4900.0	3,196.64	2747.25	56%	28.74%

Tabla 4 Resumen y estadísticas de tratamiento de agua industrial por tratamiento
-Fuente Resumen Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3 - CONAGUA

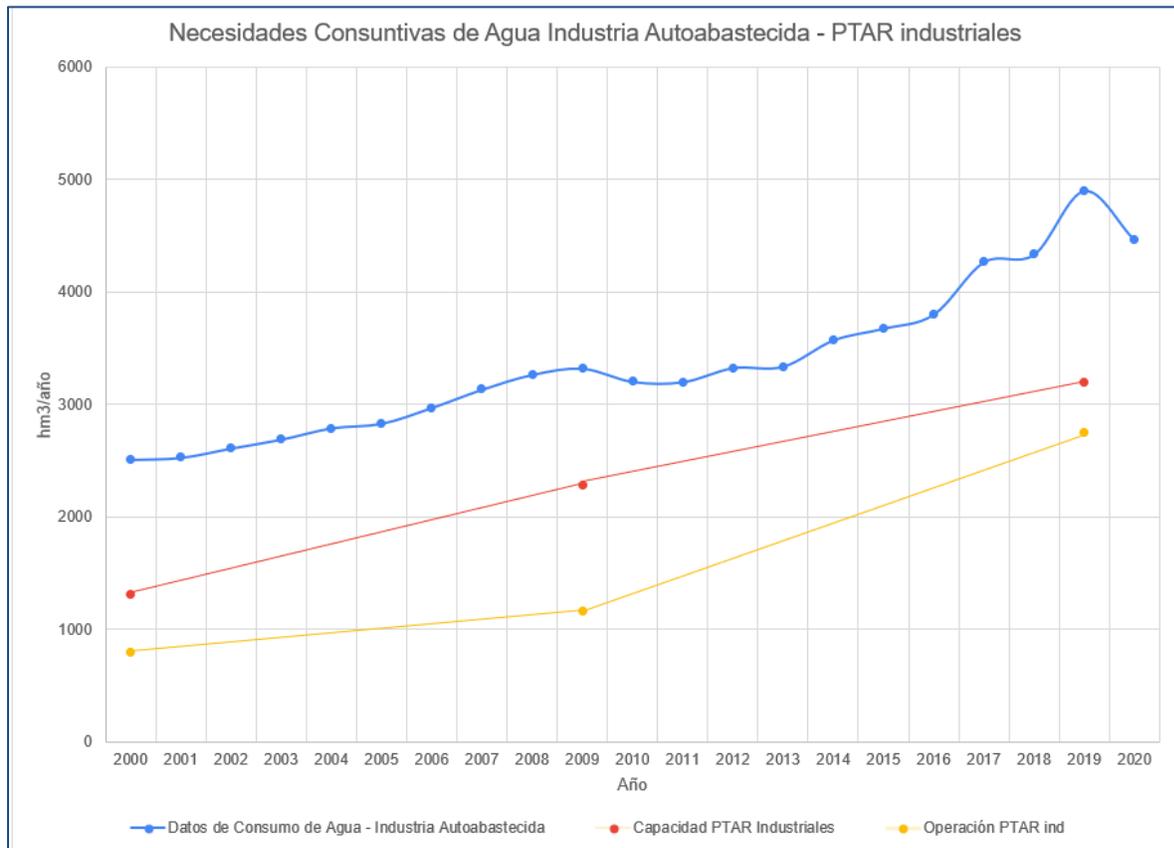
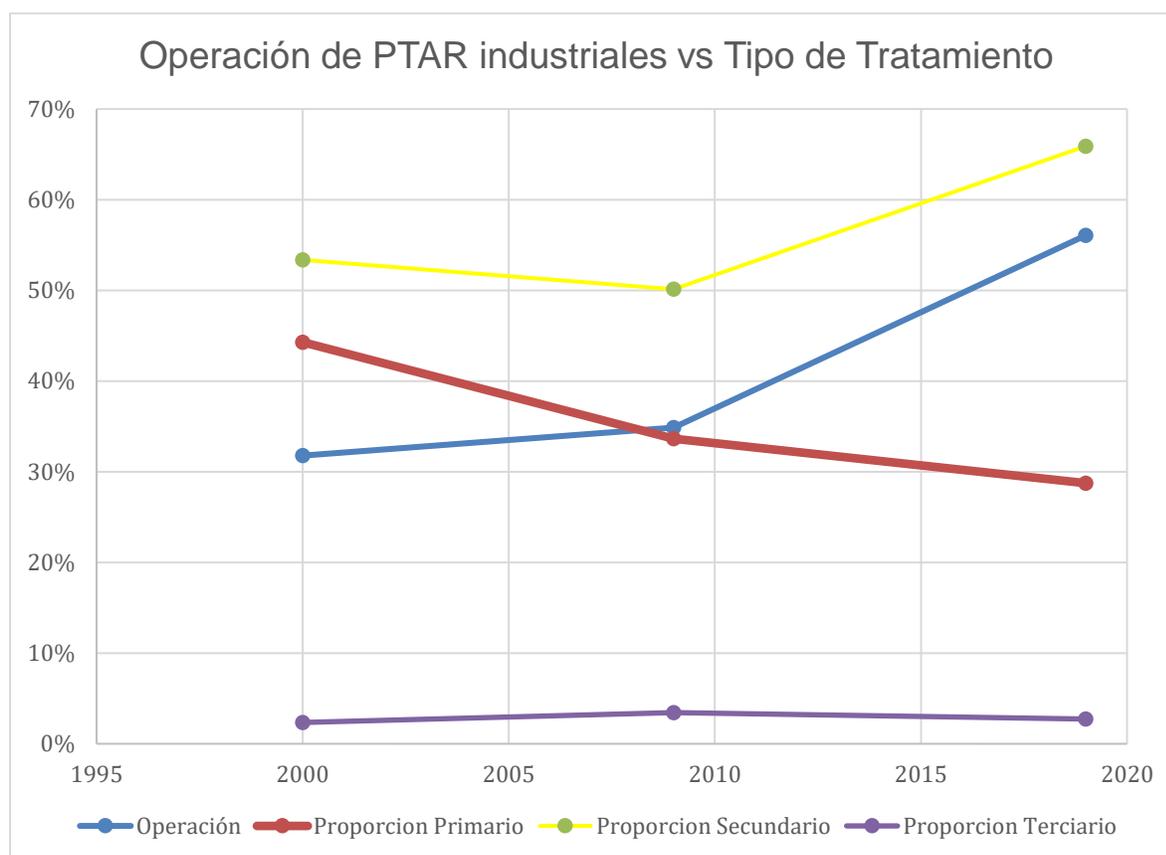


Gráfico 3 Consumos industria – Caudal tratado en PTAR industriales
-Fuente: Elaboración propia con información Anexo 1,2 y 3

En la gráfica 3 se puede observar las conclusiones generales acerca de cómo las PTAR industriales, aunque han tenido un aumento significativo, siempre han estado muy por debajo de las necesidades reales de la industria abastecida, pasando de un 32% a un 56% en dos décadas. Sin embargo, la presente discusión se centrará en el tipo de tratamiento escogido por lo cual, a partir de estos mismos datos, se obtiene la relación con respecto de caudales operados versus el tipo de tratamiento. Al observar las proporciones en las que el caudal operado se comporta versus el tipo de tratamiento dominante, se puede observar que a medida que el tipo de tratamiento primario disminuye, el caudal operado aumenta. En la tabla 5 y grafica 4 se puede observar este comportamiento.

Año	Operación	Proporción T. Primario	Proporción T. Secundario	Proporción T. Terciario
2000	32%	44.29%	53.36%	2.35%
2009	35%	33.64%	50.12%	3.44%
2019	56%	28.74%	65.90%	2.72%

*Tabla 5 Consumos industria – Caudal tratado en PTAR industriales
-Fuente: Elaboración propia con informacion Anexo 1,2 y 3*



*Gráfico 4 Operación vs tipo de tratamiento
-Fuente: Elaboración propia con informacion Anexo 1,2 y 3*

De esta forma se puede observar que en medida de que el tratamiento primario se disminuyó, la proporción operada y tratada aumentó. El tratamiento primario exige un gasto mayor de químicos, electricidad, además de ser un tratamiento suficiente para cumplir los límites establecidos en la NOM 001 ya que su desbaste se remite a materiales grandes insolubles tales como sólidos suspendidos, grasas y aceites (Handbook of Industrial Treatment, Suez, 2022)

4.3. Marco legal del agua en México

El uso y aprovechamiento del recurso hídrico emana del artículo 27 Constitucional Mexicano, el cual establece que “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.” Los acuerdos o convenciones que se logren con otros países u organismos internacionales pueden tener algún impacto sobre las leyes o reglamentos que se encuentren únicamente por debajo de la constitución. derivado del marco constitucional, se origina la ley federal de aguas y su reglamento que tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. De esta Ley se deriva la autoridad de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) quien es el organismo federal que administra los recursos hídricos y se explican los mecanismos de cesión de derechos de explotación del agua por medio de la figura legal “Concesión” y cuyos registros forman el REPDA.

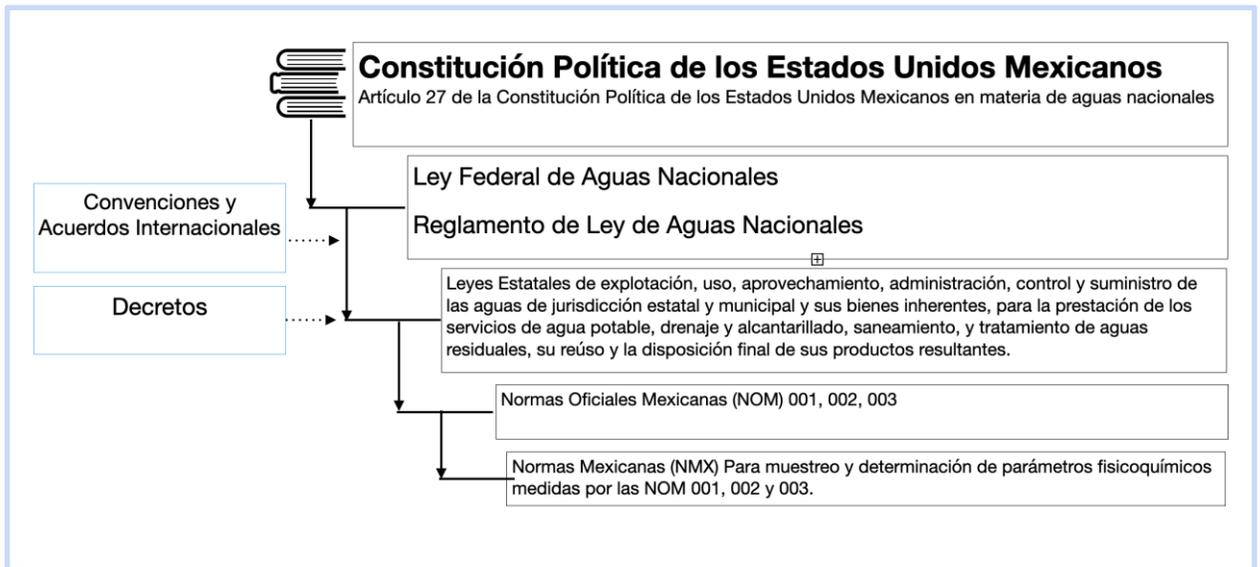
Los estados mexicanos también emiten sus leyes de administración de aguas, las cuales trasladan básicamente la ley federal dentro de su territorio, sin embargo, estas leyes contienen adiciones importantes para cada estado como las gestiones del agua potable para el público, establecimiento de organismos operadores, situación del alcantarillado, el tratamiento del agua residual, el reúso y el destino de los residuos finales. Para las industrias es importante revisar las leyes locales ya que en ocasiones los residuos finales productos del tratamiento y los pagos por derechos pueden variar dependiendo de las políticas del organismo operador y de omitirse, las directivas federales dictadas por la ley federal permanecen.

La ley federal de agua exige que las entidades que explotan el agua soliciten un permiso de descarga si es a aguas nacionales o infiltración. Si en cambio la descarga es en cauces, vasos u otros depósitos o corrientes, los usuarios están obligados a pagar el derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación. Esta bifurcación en el derecho de descarga no permite tener un control adecuado de las descargas equivalente al REPDA. Derivado del Reglamento se establecen las normas oficiales mexicanas (NOM), las cuales contienen los límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales.

- NOM-001-ECOL-1996: establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
 - NOM-002-ECOL-1996. establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

Las normas mexicanas (NMX) son documentos técnicos derivados de las NOM en los que se especifican los métodos de prueba que determinan las características fisicoquímicas del agua residual descargada y los métodos de muestreo.

En la figura 1, se observa un cuadro sinóptico que resume el marco legal del agua.



*Figura 1 Marco Legal Mexicano del Agua
Fuente: Elaboración propia*

Dentro de las leyes federales y Normas emitidas, se promueve el reúso del agua con o sin tratamiento dentro de los procesos públicos urbanos, rurales e industriales. Por lo cual la norma oficial mexicana que rige los parámetros de reúso es la NOM-003-SEMARNAT-1997, en ella se encuentran los parámetros para reusar el agua con contacto o sin contacto directo, apoyando de esta forma el reúso interno de agua.

Es importante mencionar que con motivo de tener un criterio homologado con las estadísticas y debido a que en el momento de realizar el estudio no se encontraba habilitada la NOM-001-SEMARNAT-2021, la cual entró en vigor en 2022.

4.4. Características del agua residual en México

La ley federal de agua solicita *“realizar las medidas necesarias para prevenir la contaminación de las aguas concesionadas o asignadas y reintegrarlas en condiciones adecuadas conforme al título de descarga que ampare dichos vertidos, a fin de permitir su explotación, uso o aprovechamiento posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas; el incumplimiento de esta disposición implicará: (1) la aplicación de sanciones, cuya severidad estará acorde con el daño ocasionado a la calidad del agua y al ambiente; (2) el pago de los derechos correspondientes a las descargas realizadas en volumen y calidad, y (3) se considerarán causales que puedan conducir a la suspensión o revocación de la concesión o asignación que corresponda”*

De acuerdo con lo analizado en el capítulo 2, se observa que sólo se trata el 40% del agua residual no municipal, por lo cual se descargan alrededor de 8 millones de toneladas de contaminante orgánico (DBO5) a las aguas nacionales, lo cual es indicativo de que existe un gran porcentaje de agua residual industrial que no es tratada de forma correcta.

Existe una gran variedad de contaminantes, derivados de los múltiples procesos industriales tanto de procesos como servicios alternos, los cuales abarcan casi todos los tipos existentes. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en aguas residuales industriales son objeto de regulación especial debido a su toxicidad o a sus efectos biológicos a largo plazo. En la literatura correspondiente al agua industrial se describen las principales clasificaciones de contaminantes:

Contaminantes Convencionales: Los contaminantes convencionales son aquellos que se espera que estén presentes en las aguas residuales domésticas e incluyen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO); sólidos suspendidos totales (SST); pH; coliformes fecales; y aceite y grasas (WEF Manual of Practice, 2008).

Contaminantes No Convencionales: Los contaminantes no convencionales son aquellos que no son convencionales ni tóxicos, como el amoníaco, el nitrógeno, el fósforo, la demanda química de oxígeno, el aluminio, el manganeso, la acidez y la toxicidad del efluente total (WEF Manual of Practice, 2008).

Metales Pesados: Los metales pesados son elementos metálicos en solución (por ejemplo, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc), muchos de los cuales son tóxicos en concentraciones relativamente bajas y se encuentran en muchos efluentes residuales industriales. (WEF Manual of Practice, 2008).

Contaminantes Tóxicos: es cualquier sustancia distinta del petróleo que, cuando se descarga a las aguas, es un peligro inminente y sustancial para la salud o el bienestar público, incluidos peces, mariscos, vida silvestre, costas y playas. Las normas mexicanas por desgracias no miden estos contaminantes, sin embargo, la EPA y otros códigos de la UE tienen un catálogo de aproximadamente 129

contaminantes tóxicos. (WEF Manual of Practice, 2008).

Contaminantes patógenos y parasitarios: Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a la norma oficial mexicana sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto. (NOM 001, 1996)

Contaminantes Emergentes (CE): Principalmente fármacos y productos de cuidado personal (antibióticos, antivirales, analgésicos, bloqueadores, champús y cosméticos) los cuales inclusive en trazas provocan alteraciones al sistema reproductivo y endocrino de los seres vivos. Si las exposiciones a los contaminantes son constantes pueden producir alteraciones transgeneracionales y permanentes. (UNEP and WHO, 2013)

Existen múltiples contaminantes, con distintas afectaciones al ambiente y a los seres vivos en general ya que muchos contaminantes pueden persistir en solución. Sin embargo, los tratamientos de desbaste de contaminantes en México principalmente se enfocan en contaminantes convencionales, no convencionales, patógenos y parasitarios. Dentro de las industrias, invariablemente de los procesos que usen para producir y la tecnología que utilicen, existen rangos de clasificación de estos contaminantes, los cuales se resumen en la Tabla 9 que se encuentra en anexos.

Se buscaron varias referencias para encontrar una caracterización tipo dependiendo del origen del agua residual industrial, siendo las referencias encontradas en literatura de WEF (Industrial Wastewater Management, Treatment, And Disposal: Wef Manual Of Practice No. FD-3) las más completas para acotar los principales valores de contaminantes por industria, los cuales servirán para analizar el desbaste de cada una de las tecnologías sobre estos contaminantes.

4.5. Componentes fisicoquímicos por analizar

De acuerdo con lo expuesto en el punto 5.3, se centrará el estudio en los contaminantes expuestos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. En lo que corresponde a esta norma, se consideran los siguientes contaminantes: grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, carbón orgánico total, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, color verdadero, toxicidad aguda, temperatura y pH. Para el estudio presente se tomará en cuenta los parámetros de la tabla 6:

Parámetro Físicoquímico	Unidad de medición
Flujo	m ³ /año
Temperatura	*C
Grasas y Aceites	mg/L
Materia Flotante	(ausente o presente)
Sólidos Sedimentables	(ml/l)
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l
Nitrógeno Total	mg/l
Fósforo Total	mg/l
Patógenos (Coliformes Fecales)	NMP/100 ml

*Tabla 6 Parámetros físicoquímicos medidos en la NOM 001
Fuente: NOM-001-ECOL-1994*

Para los límites bacteriológicos, la NOM 001 determina la contaminación por patógenos usando como indicador los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente. Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo con la técnica establecida en el anexo 1 de esta norma.

Los límites de descarga de cada uno de estos contaminantes están indicados en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Para la fecha de publicación de esta tesis, la actualización de la norma se ha actualizado a la versión NOM-001-SEMARNAT-2021, la cual contiene modificaciones en parámetros y límites permisibles. Debido a que el análisis inicial se realizó con parámetros de la versión 1996 se conservarán los límites y parámetros de la versión anterior para fines del estudio.

Para mostrar la efectividad de cada sistema además de respetar los límites también se deben de verificar la cantidad de residuos emitidos. En el caso del agua residual, los residuos obtenidos de los procesos de tratamiento se denominan biosólidos cuando han sido estabilizados. Los biosólidos son definidos como lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que, por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización, puedan ser susceptibles de aprovechamiento. Mientras que los lodos son definidos como sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización.

La norma que regula la estabilización de los lodos, marca las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final es la NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental.

En esta tabla se especifican 2 tipos de contaminantes para los biosólidos,

- a) Límites de Metales Pesados
- b) Límites de Patógenos y Parásitos mostrados en la tabla 7 y clasifica a los lodos de acuerdo a sus contaminantes para su disposición.

C L A S E	INDICADOR BACTERIOLÓGICO DE CONTAMINACIÓN	PATÓGENOS	PARÁSITOS
		Coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp. NMP/g en base seca
A	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1(a)
B	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

Tabla 7 Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos NOM 004

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

Esta misma norma indica también los métodos de estabilización indicados para disminuir tanto los parásitos y patógenos como la atracción de vectores.

Ya que la disposición de lodos se toma en cuenta para los costos, la tabla 8 indica la frecuencia de muestreo y análisis de los biosólidos de acuerdo con sus volúmenes de emisión.

Volumen generado por año (Ton/Año) en base seca	Frecuencia de muestreo y análisis	Parámetros a determinar
Hasta 1,500	Una vez al año	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 1,500 hasta 15,000	Una vez por semestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 15,000	Una vez por trimestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos

Tabla 8 Frecuencia de muestreo y análisis para lodos y biosólidos

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

Por lo que, de forma resumida, los parámetros fisicoquímicos que se medirán son los mostrados en la tabla 9:

PARAMETRO	UNIDAD
Flujo Agua	m ³ /año
Temperatura Agua	*C
Grasas y Aceites Agua	mg/L
Materia Flotante Agua	(ausente o presente)
Sólidos Sedimentables Agua	(mL/L)
Sólidos Suspendidos Totales Agua	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno Agua	mg/L
Nitrógeno Total Agua	mg/L
Fósforo Total Agua	mg/L
Coliformes Fecales Agua (Patógenos)	NMP/100 mL

PARAMETRO	UNIDAD
Volumen Lodos	kg/año
Coliformes Fecales Lodos	NMP/g en base seca
Huevos de Helminto Lodos	U/g en base seca
Salmonella spp.	NMP/g en base seca

*Tabla 9 Resumen de mediciones
Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002*

5.6. Tecnologías convencionales disponibles para tratamiento del agua

En este apartado se listan las tecnologías disponibles más comunes en la industria mexicana, seguidos de su acrónimo o abreviatura, la cual se usará en el presente análisis.

PROCESOS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO		
	Métodos de eliminación de compuestos orgánicos en aguas residuales	Acrónimo
T.Secundario	Tratamiento biológico (aerobio y anaerobio)	
	Sistemas aerobios	TBA
	Sistemas anaerobios	TBAN
	Sistemas anóxicos	TANX
	Procesos biológicos de eliminación de nutrientes	
	Tratamiento biológico de compuestos con nitrógeno	TBN
	Eliminación Biológica del Fósforo	TBP
	Oxidación química	OQ
	Oxidación húmeda catalítica y no catalítica Oxidación húmeda supercrítica	OH
	Procesos avanzados de oxidación	OXAV
	Coagulación-Floculación	CG-FL
	T. Primario	Tratamientos para la eliminación de materia en suspensión
Desbaste		DBS
Sedimentación		SED
- Rectangular		
- Circular		
- Lamelar		

PROCESOS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO		
	Filtración	FIL
	- Gravedad	
	- Presión	
	Flotación	FLOT
	Flotación por aire disuelto (DAF):	DAF
	Flotación por aire inducido	FAI
	Coagulación-Floculación	CG-FL
	-Sales de Fe ³⁺	
	-Poli-electrolitos:	
	-Electrocoagulación	
	Tratamientos para la eliminación de materia disuelta	
T. Terciario	Precipitación	PREC
	Procesos Electroquímicos	ELEC
	- Oxidación en ánodo	
	- Reducción en cátodo:	
	Intercambio Iónico	IE
	Adsorción	ADS
	Carbón activado granular	GAC
	Carbón activo en polvo	CAP
	Desinfección	DESINF
	Desinfección con cloro	
	Desinfección con Dióxido de Cloro	
	Membranas	
	Microfiltración	MF
	Ultrafiltración	UF
	Ósmosis inversa	RO
	Nanofiltración	NF
	Electrodialisis	ED

Tabla 10 Resumen de tecnologías de tratamiento de agua efluente usadas en la industria.

Fuente: Rodriguez, 2006

Todas las tecnologías se considerarán para el estudio, exceptuando oxidación química, oxidación húmeda catalítica, no catalítica y oxidación húmeda supercrítica ya que en la literatura de la CONAGUA no se observaron como tecnologías usadas en el tratamiento de agua para industrias en México además de no encontrar referencias actualizadas de costos para esta tecnología. La tabla 10 de tecnologías será la base para la comparación y se clasificaron de la siguiente forma de acuerdo con la situación de los contaminantes:

- Primario: Material contaminante en suspensión
- Secundario: Material orgánico suspendido y disuelto
- Terciario: Material contaminante disuelto

5.7. Desbastes de contaminante

El desarrollo de la ingeniería sanitaria o de ingenierías de tratamiento de agua usando sistemas más sofisticados y compactos como el sistema de lodos activados y otros más tecnificados iniciaron en la segunda década del siglo pasado. A partir de ese momento se cuentan con experiencias documentadas y

heurísticas que forman una bibliografía vasta para documentar dimensionamientos y sobre todo desbastes. Para este motivo se realizó una recopilación en diferentes bibliografías obligatorias en el desarrollo de la ingeniería sanitaria y de instituciones especializadas.

La tabla 11 Recopilación de desbastes, se logró recopilar con base a varias referencias bibliográficas, en ocasiones si la bibliografía marcaba un intervalo, se especificaba el valor intermedio. Si no se encontraba desbaste asociado con ese proceso unitario, por ser mínimo o no ser un proceso unitario enfocado a ese desbaste, el valor asignado será 1%.

El porcentaje de eliminación es con respecto de su valor inicial.

		Temperatura	DBO5	TSS	Grasas y Aceites	DQO	COT	NTK	P	Patógenos
		C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP /100 mL
primarios	DBS	0%	10%	20%	3%	10%	10%	1%	1%	1%
	SED	0%	25%	40%	20%	25%	25%	1%	1%	5%
	FIL	0%	30%	70%	70%	30%	30%	1%	1%	45%
	FLOT	0%	30%	50%	95%	30%	30%	1%	1%	30%
	DAF	0%	35%	50%	95%	35%	35%	2%	2%	30%
	FAI	0%	35%	55%	97%	35%	35%	3%	3%	30%
	CG-FL	0%	40%	60%	70%	40%	40%	3%	3%	15%
secundarios	TBA	90%	90%	90%	45%	70%	70%	5%	10%	65%
	TBAN	90%	60%	60%	45%	70%	70%	5%	10%	65%
	TANX	90%	10%	10%	45%	10%	10%	80%	10%	65%
	TBN	90%	10%	10%	5%	10%	10%	80%	10%	5%
	TBP	90%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	80%	5%
	OQ	90%	80%	80%	15%	99%	99%	80%	80%	90%
	OH	90%	99%	99%	15%	99%	99%	80%	80%	90%
	OXAV	90%	99%	99%	15%	99%	99%	80%	80%	90%
	CG-FL		60%	60%	70%	60%	60%	30%	50%	65%
terciarios	PREC	50%	30%	30%	30%	30%	30%	50%	50%	25%
	ELEC	50%	50%	50%	25%	50%	50%	60%	60%	15%
	IE	50%	5%	5%	5%	5%	5%	70%	70%	0%
	ADS	50%	30%	30%	80%	30%	30%	40%	40%	0%
	GAC	50%	30%	30%	80%	30%	30%	60%	60%	30%
	CAP	50%	35%	35%	80%	35%	35%	60%	60%	30%
	DESCLOR		35%	35%	15%	35%	35%	60%	60%	90%
	DESDIOX		37%	37%	15%	40%	40%	80%	80%	99%
	MF	50%	95%	99%	99%	85%	85%	99%	99%	99%

		Temperatura	DBO5	TSS	Grasas y Aceites	DQO	COT	NTK	P	Patógenos
	UF	50%	95%	99%	99%	85%	85%	99%	99%	99%
	RO	50%	95%	99%	99%	85%	85%	99%	99%	99%
	NF	50%	95%	99%	99%	85%	85%	99%	99%	99%
	ED	50%	80%	80%	99%	85%	85%	99%	99%	99%

Tabla 11 Recopilación de desbastes
Referencias: Metcalf & Eddy, 2014, WEF MOP, 2020.

5.8 Definiciones Económicas

Todos los proyectos pasan por un periodo de evaluación, de acuerdo a Chain, 2011, las etapas básicas son:

- i. Generación de Idea
- ii. Estudios de Pre-Inversión para medir la conveniencia económica
- iii. Inversión
- iv. Puesta en Marcha y Operación

En la etapa de Pre-Inversión, los proyectos industriales tienen diferentes métodos de evaluación para identificar las soluciones para ejecutar un proyecto de inversión al menor costo y en un tiempo óptimo para un mejor rendimiento.

De acuerdo a Van Horne, J. C., & Wachowicz, J. M. (2010), uno de los métodos de evaluación de proyectos en la etapa de pre-inversión es el método de VALOR PRESENTE NETO (VPN), el cual requiere de dos valores principalmente CapEx y OpEx.

- i) CAPEX: (capital expenditures) o gastos de capital es la cantidad que se gasta para adquirir o mejorar los activos productivos (tales como edificios, maquinaria y equipos, vehículos) con el fin de aumentar la capacidad o eficiencia de una empresa.
- ii) OPEX: Un OPEX, del inglés "Operational expenditures", es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales

iii) Valor presente neto (VPN):

Ecuación 1

$$VPN = \frac{\text{Flujo de efectivo}}{(1 + i)^n}$$

El valor presente neto se define como el valor presente de dos flujos de efectivo netos de un proyecto de inversión menos su flujo de salida (Van Horne, J. C., & Wachowicz, J. M. (2010),

Donde los flujos de efectivo están dados por el CAPEX y el OPEX, donde CAPEX es un valor negativo que tiene que desembolsarse al año 0 y los valores OPEX son valores positivos que se desembolsan después del año 0.

En la práctica se observan que las mejores inversiones en equipamiento son aquellas cuyo CAPEX es más alto, pero el OPEX es mucho menor, lo cual se refleja en altos retornos de inversión (> 2 años). Equipamientos con altos CAPEX generalmente ofrecen Retornos de Inversión menores a dos años. La relación entre estas inversiones se estudiará a largo plazo con la fórmula del VPN.

Ecuación 2

$$VPN = (-CAPEX) + \frac{(OPEX)}{(1 + i)^n}$$

CAPEX: Inversión Inicial

OPEX: Gastos de Operación durante los periodos de estudio

i: Inflación 7.68

n: Numero de Periodos en años

Por lo pronto el valor presente neto (VPN) nos ayudará como herramienta que combina el OPEX, el CAPEX, la variación en el tiempo a largos plazos y la inflación en el tiempo. Esta herramienta nos ayudará a definir varias características de propuestas de tratamiento y nos ayudará a probar nuestra hipótesis:

iv) Obtención de Gastos CAPEX y OPEX para la industria del tratamiento de agua

Tanto los costos CAPEX como los costos OPEX tienen que ser evaluados de una forma dinámica en la cual se pueda variar el resultado de acuerdo con el flujo y los contaminantes de inicio. Para motivo de este estudio se fijará un tamaño de planta y se evaluará de forma similar para todas las industrias. El tamaño de planta se especificó con base en los anexos 1,2 y 3 provenientes de los inventarios de

PTAR industriales.

Ecuación 3

$$\text{Flujo PTAR fijo}(Q_i) = 30 \frac{L}{S}$$

Ecuación 4

$$\text{Flujo de PTAR fijo}(Q_i) = 108 \frac{m^3}{h} = 475.51 \text{ GPM} = 10.368 \text{ PE}$$

Los costos CAPEX se dividieron por operación unitaria, declaradas en la tabla 13. Para calcular los valores de CAPEX se utilizaron diferentes ecuaciones para encontrar valores para cada valor relacionado con el proceso unitario, es decir cada proceso unitario en la construcción de la planta tiene un costo asociado de obra civil, de obra electromecánica y el equipo necesario.

1. Ecuaciones de Costo Capital Paramétrico para obra civil

Tabla 12. Costo de capital paramétrico (€/pe) calculada para obra civil de cada unidad de tratamiento.										
pe	5000	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000	45,000	
Cámara de rejilla	0.54	0.39	0.33	0.27	0.24	0.23	0.19	0.19	0.20	
Desbaste de rejilla	0.00	0.00	1.75	1.63	1.57	1.60	1.48	1.48	1.49	
Tanque de aireación	10.27	8.65	7.86	7.48	7.19	6.98	6.84	6.68	6.60	
Tanque de sedimentación	14.41	10.75	8.77	7.72	6.67	6.21	5.95	5.76	5.61	
Tanque de desinfección	4.80	3.73	2.53	2.19	1.99	1.86	1.76	1.69	1.64	
Tanque espesador	1.12	0.82	0.75	0.74	0.75	0.62	0.66	0.70	0.62	
Tanque digestor de lodos	20.71	17.18	15.58	14.70	14.10	13.67	13.33	13.06	12.84	
Costo de capital paramétrico	51.86	41.53	37.58	34.72	32.51	31.17	30.22	29.57	28.99	
Costo total de capital paramétrico (€/pe) para plantas de tratamiento de agua residual con capacidad baja-media. (<50,000 pe).										
pe	5000	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000	45,000	
Costo total de trabajo civil y unidades de tratamiento	51.86	41.53	37.58	34.72	32.51	31.17	30.22	29.57	28.99	
Costo de conexiones	7.78	6.23	5.64	5.21	4.88	4.68	4.53	4.44	4.35	

Tabla 12. Costo de capital paramétrico (€/pe) calculada para obra civil de cada unidad de tratamiento.										
hidráulicas y eléctricas										
Costo de estructuras de servicio	14.00	13.00	15.12	13.98	13.09	12.55	12.16	11.90	11.67	
Costo de arreglo de área externa	22.09	15.19	14.58	13.48	12.62	12.10	11.73	11.48	11.25	
Costo total de capital paramétrico	95.73	75.95	72.92	67.39	63.09	60.49	58.64	57.38	56.26	

Tabla 12. Costo de capital paramétrico
Fuente: Acampa, 2019

2. Ecuaciones de Costo Capital Paramétrico para equipo electromecánico

Tabla 13. Funciones de costo para dispositivos electromecánicos. L.C. (Canal width), A.S. (Discharge height), D (Diámetro), L (Longitud), H (Altura), Q (Tasa de flujo), W (Energía).		
Dispositivos	Funciones de costo	R2
M_1	$\text{€} = 23,900 - 8.801 (L.C.) - 0.961 (A.S.) + 0.003 (L.C.)^2 + 0.003 (L.C. \times A.S.) - 4254 + 3.189$	0.9607
M_2	(L.C.)	0.974
M_3	$\text{€} = 5327.496 + 1.5059 (L.C.) + 2.5204 (D) - 2222.038 + 5.4934 (L.C.) - 3.2146 (D)$	0.9673
M_4	$\text{€} = 134,600 - 21.22 (L) + 0.001 (L)^2 - 100,200 + 19.57 (L) - 0.001 (L)^2$	0.991
M_5	$\text{€} = 7720 + 2.126 (Q) - 0.0000728 (Q)^2 + 233.8 - 0.112 (Q)$	0.9806
M_6	$\text{€} = 9082 + 2.662 (L) + 26,920 (W) - 8.102 (W)^2 - 9603$	0.993
M_7	$\text{€} = 9005 + 1.454 (D) + 9122(W) - 12570$	0.992
M_8	$\text{€} = 35,480 + 0.5396 (D) - 8.216 (H) - 54,800 (W) + 0.0005 (D \times H) + 14.29 (H \times W)$	0.9997
M_9	$\text{€} = 2835 + 10.24 (L) - 13,900 (W) + 6.852 (L \times W) + 37,670$ $\text{€} = 5963 - 3.455 (Q) + 234.4 (W) + 0.033 (Q \times W)$	0.952

Tabla 13. Funciones de costo
Fuente : Acampa, 2019

Las ecuaciones de la tabla 14 contienen el costo civil, electromecánico y de equipamiento con base a los equivalentes de personas (PE), el cual se toma únicamente hidráulicamente para realizar las ecuaciones. Los precios que arrojan son en euros, para nuestra base se usarán dólares por lo cual se tomará el equivalente de 1.21 euros por dólar con base a la fecha que se realizó la evaluación.

3. Ecuaciones de cálculo de diferentes escenarios de tratamientos

En este estudio se presenta una herramienta para el cálculo de costos de diferentes tratamientos y reúsos de aguas residuales en diferentes escenarios. Esta herramienta, denominada evaluación de la opción de tratamiento y reutilización de aguas residuales (EWA-TRO), fue diseñada para tener como usuarios finales a los administradores públicos, autoridades de gestión del agua y profesionales que, de forma directa e inmediata, pueden obtener automáticamente, para una determinada reutilización alternativa, la información fundamental para un estudio de factibilidad, por lo cual resulta excelente para nuestra evaluación.

Tabla 14 Costos de Unidades		
Alternativas de tratamiento	X<30.000 p.e.	X>30.000 p.e.
Tratamiento primario	$Y = 0.317 - 9 \times 10^{-6} \cdot X$	$Y = 0.132 - 5 \times 10^{-7} \cdot X$
Tratamiento secundario	$Y = 0.474 - 7 \times 10^{-6} \cdot X$	$Y = 0.309 - 4 \times 10^{-7} \cdot X$
filtración	$Y = 0.507 - 7 \times 10^{-6} \cdot X$	$Y = 0.342 - 4 \times 10^{-7} \cdot X$
Nitrificación/desnitrificación + filtración	$Y = 0.559 - 8 \times 10^{-6} \cdot X$	$Y = 0.369 - 5 \times 10^{-7} \cdot X$
Nitrificación/desnitrificación + fosfor. eliminación + filtración	$Y = 0.602 - 8 \times 10^{-6} \cdot X$	$Y = 0.393 - 5 \times 10^{-7} \cdot X$
Coagulación-floculación	$Y = 0.939 - 2 \times 10^{-5} \cdot X$	$Y = 0.471 - 5 \times 10^{-7} \cdot X$
Adsorción De Carbón	$Y = 1.132 - 1 \times 10^{-5} \cdot X$	$Y = 0.730 - 5 \times 10^{-7} \cdot X$
Osmosis Inversa	$Y = 1.503 - 2 \times 10^{-5} \cdot X$	$Y = 0.907 - 5 \times 10^{-7} \cdot X$

*Tabla 14 Costos de unidades
Fuente: Hilbig, 2020*

4. Ecuaciones de costos por unidades de proceso especializadas

Con base en datos del tratamiento de aguas residuales municipales, los autores derivan funciones de costo para procesos de tratamiento individuales y desarrollar herramientas para una economía modular evaluación de la reutilización del agua. Se desarrollo para comparar los costos de diferentes trenes de tratamiento y asegurar que las soluciones técnicas generen un beneficio económico para los operadores.

Tabla 15		Funciones de coste de las tecnologías de tratamiento individual (según Hernandez-Sancho et al. (2011))
Tecnología	Funciones de Costo	R2
EA (extended aeration)	$C = 169.4844 V^{0.4540} e^{(0.0009A\beta 06086SS)}$	0.6133
AS (activated Sludge without nutrient removal)	$C = 2.1165 V^{0.7128} e^{(0.0174A\beta 1.5122SS\beta 0.0372BOD)}$	0.6849
NR (activated Sludge with nutrient removal)	$C = 2.518 V^{0.7153} e^{(0.518\beta 1455COD\beta 0258N\beta 0243P)}$	0.7301
BB (bacterial beds)	$C = 17.3617 V^{0.5771} e^{(0.1006A\beta 0.6932COD)}$	0.9862
PB (peat beds)	$C = 1,510.8400 V^{0.2596} e^{(0.0171SS)}$	0.5240
BD (biodisk)	$C = 28.9522 V^{0.4493} e^{(2.3771SS)}$	0.8058
TT (tertiary treatment)	$C = 3.7732 V^{0.7223} e^{(0.6721COD\beta 0.0.1958x0.7603P)}$	0.9029

Tabla 15 Funciones de costo de Tratamientos individuales
Fuente: Hilbig, 2020

Tabla 16		Funciones Determinadas de Costo		
Proceso	x	y	Función de costo promedio inversión	Rango para x
Pantalla	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 680.78x^{0.297}$	100–50,000
Cámara De Arena	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 2215.1x^{0.392}$	100–20,000
Tratamiento Pre/Secundario	m ³	€/m ³	$y \approx 1791.5x^{0.185}$	100–100,000
Lodo Activado	m ³	€/m ³	$y \approx 1682.7x^{0.148}$	100–70,000
Precipitación/Floculación De Fosfato	m ³	€/m ³	$y \approx 11.950x^{0.574}$	800–20,000
Desinfección Ultravioleta	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 1209.2x^{0.328}$	100–100,000
Ozonización	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 348.02x^{0.069}$	100–100,000
Adsorción De Carbón Activado	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 29.458x^{0.533}$	700–100,000
Filtración De Arena	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 2045.3x^{0.273}$	3,000–100,000
Cloración	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 3.416x^{0.422}$	3,000–100,000
Digestión/Estabilización	m ³	€/m ³	$y \approx 8192.8x^{0.322}$	400–50,000
Espesamiento De Lodos	m ³	€/m ³	$y \approx 2220.8x^{0.226}$	10–10,000
Deshidratación Mecánica De Lodos	m ³ /d	€/m ³ /d	$y \approx 39.745x^{0.155}$	30–14,000

Tabla 16. Funciones de costo determinadas
Fuente: Hilbig, 2020

Algunas de estas ecuaciones en ocasiones solicitan valores con base a DBO, DQO, nitrógeno y fósforo para lo cual se tomarán los valores de la industria alimenticia. Lo ideal y lo que se sugiere para una segunda etapa de la valoración es que estas ecuaciones se supediten y sean dinámicas al valor de flujo

correspondiente y los valores contaminantes de cada industria. En esta ocasión y como simplificación se fijaron estos valores para constituir los valores del CAPEX, el procedimiento que se llevó a cabo fue realizar con cada uno de ellos valores y compararlos con valores de mercado actuales para ese flujo, comparando entre sí y entre los valores que se tenían en experiencias de cotización propias.

Para complementar valores de CAPEX y OPEX, también se utilizaron ecuaciones para estimar consumos eléctricos por proceso unitario.

5. Ecuaciones para consumos eléctricos de equipos

En la referencia Wendland, 2005 se encontraron ecuaciones para estimar consumos eléctricos, proporciones estimadas para personal, mantenimiento, químicos, materiales y disposición de desechos.

Unidad de operación	Relación
Estaciones de Bombeo	10 – 15 Wh /m ³
Pantallas	0.3 – 0.5 kWh / (p.e. &.a) -
Trampas de arena aireada	1.7 – 2.2 kWh / (p.e. &.a) -
prel. Tanques de sedimentación	0.4 – 0.6 kWh / (p.e. &.a) -
Tanques de aireación	17.2 – 25.8 kWh / (p.e. &.a) -
Segundo. Tanques de sedimentación	1.2 – 2.3 kWh / (p.e. &.a) -
espesante	0.7 – 1.1 kWh / (p.e. &.a) -
Dispositivos de deshidratación de lodos	3.0 – 4.0 kWh / (p.e. &.a) -
Digestión	2.4 – 2.9 kWh / (p.e. &.a)

*Tabla 17 Relaciones de unidad de proceso para consumos eléctricos
Fuente: Wendland,2005*

6. Costos Operativos en General – Referencia

En la referencia In Progetto PON In.Te.R.R.A.: Linee Guida per il Riutilizzo Irriguo delle Acque Reflue Depurate (2015), la cual es una guía para reuso de agua tratada de la Unión Europea, se describen varios métodos heurísticos para poder calcular los costos operativos:

Gastos de personal

Se tomó un esquema de personal operativo, 24 horas, 4 Turnos durante los 365 días del año, con el siguiente organigrama:

- 1 Gerente de Planta
- 2 o 3 Operadores por turno.
- 1 Ayudante Mecánico

Costos de reactivos

El análisis de los costes adicionales de reactivos tuvo en cuenta los tres tipos de reactivos:

- cloruro de aluminio al 15% para coagulación en línea;
- hipoclorito de sodio al 12% para la desinfección o
- ácido peracético al 15% con función bacteriostática para adaptar el tratamiento a los rayos UV.

Costos de Energía

Los costos de consumo de energía se calculan según la capacidad de las plantas y las temperaturas de referencia de los procesos de nitrificación y desnitrificación (15°C y 20°C), dando un coste unitario de 0,1€/KWh.

Costos de mantenimiento y repuestos.

Los costos de mantenimiento de las obras civiles y electromecánicas se estiman de la siguiente manera:

- Obra civil: se asumió la vida útil de la inversión igual a 25 años, con un costo de mantenimiento igual a una tasa promedio anual del 1% sobre el costo total de la inversión
- Trabajos electromecánicos: debido a la mayor necesidad de mantenimiento y necesidad de reposición mecánica, las piezas con un ciclo de vida útil medio de 8 años, se calcula sus repuestos con una tasa anual de mantenimiento del 5% sobre el coste total de inversión fue considerada.

Con base a estos cálculos de operación se creó una tabla con costos de CAPEX y OPEX, los cuales tienen una base anual, en dólares y asociados a los procesos unitarios de la tabla 13. En el anexo 7 se muestran los totales parciales obtenidos por las ecuaciones y relaciones, así como los totales de CAPEX y OPEX. Estos valores serán base para el cálculo del VPN. Para dar una mayor percepción de que las inversiones adquieren más dimensión con respecto del tiempo, se van a realizar escenarios a 1, 5, 10, 15 y 20 años. Los resultados por cada unidad de proceso se observarán en el anexo 8 con su VPN en los diferentes escenarios de años. Para cada conformación de trenes de tratamiento y sus iteraciones, ahora se pueden añadir VPN de acuerdo con esas conformaciones, los cuales formarán la Matriz T, que será dinámica ya que se realizarán varias configuraciones. Otro resultado de la Matriz será el resultado de desbaste de contaminantes, esta matriz serán los límites como cumplimiento de los trenes de tratamiento. De esta forma

otro resultado de la matriz A será el tratamiento de los contaminantes por la matriz de desbaste de contaminantes, la condición de cumplimiento 1 para cada tren A...Z(se asignará letras de la A a combinaciones AZ) será alcanzar los límites de la matriz N.

5. Hipótesis

Los tratamientos para la industria en México en las pasadas décadas han sido elegidas con tratamientos que ofrecen un CAPEX menor de adquisición y han sido elegidos en el pasado sin tomar en cuenta los altos costos de operación OPEX.

La demostración se realizará por medio de una comparación entre los costos de operación de sistemas actuales versus sistemas proyectados con la metodología actual. La obtención de valores altos de VPN servirán para evaluar si un sistema tiene valores operativos altos.

6. Desarrollo de la metodología de evaluación

6.1. Descripción

Para probar la hipótesis, se tiene que desarrollar un algoritmo que contraste de forma multimatricial todos los factores del tren de tratamiento y posteriormente arroje una calificación. De esta forma se podrán encontrar el tren óptimo de tratamiento para ese tipo de industria que cumpla con las normas. Los tratamientos que no califiquen son descartados por lo cual no se tomarán en cuenta. Se han elaborado con anterioridad comparaciones multimatriciales como la elaborada por Ahmed, S. A., Tewfik, S. R., & Talaat, H. A. (2003). en un sistema de decisión para trenes de tratamiento de desalación.

Los factores que se incluirán dentro del algoritmo serán:

- Tipo de Industria
- Calidad inicial del agua según la industria y contaminantes
- Calidad final de acuerdo con las normas oficiales
- Trenes de tratamiento primario, secundario y terciario
- Costo capital del tren total de tratamiento
- Costos de operación de cada uno de los trenes de tratamiento

Los pasos para desarrollar este algoritmo fueron los siguientes:

- ii. Desarrollar una matriz estática por cada tipo de industria y sus contaminantes **(MATRIZ A)**
- iii. Desarrollar una matriz con los diferentes tratamientos, secuenciados de forma lógica y acercada a los trenes de tratamiento reales. Esta matriz será dinámica para poder conocer todas las iteraciones posibles y el valor presente neto de

cada iteración (**MATRIZ T**)

- iv. El valor presente neto combinará el Costo Capital CAPEX y el costo operativo OPEX y su valor intrínseco de VALOR PRESENTE NETO (**VPN**) con la condición de cumplir con el desbaste (siguiente punto)
- v. Cada iteración de tratamiento además tendrá un desbaste de contaminantes adjunto, por lo cual además de un VPN arrojará un resultado de contaminantes.
- vi. Todas estas matrices se conjugarán por medio de un programa realizado en la Python 3, se generó el conjunto potencia de los tratamiento para evaluar cuales las combinaciones de tratamientos que cumplen con los límites de contaminantes y con el mínimo VPN .
- vii. La primera condición de cumplimiento será que el desbaste de contaminantes alcance la NOM -001 (**MATRIZ N**). Ésta es la condición a la que está sujeta la optimización del algoritmo.
- viii. La segunda condición y condición objetivo, será el VPN más bajo
- ix. El sistema que cumpla con estas dos condiciones será el mejor calificado y por lo tanto el más adecuado para la industria en particular
- x. Los resultados se confrontarán versus las elecciones de tratamiento elegidos y reportados por CONAGUA.
- xi. De esta forma se podrá observar si los sistemas elegidos son los mejores considerando CAPEX y OPEX.

El siguiente diagrama de flujo, muestra de forma esquemática la creación del algoritmo y las matrices que lo forman

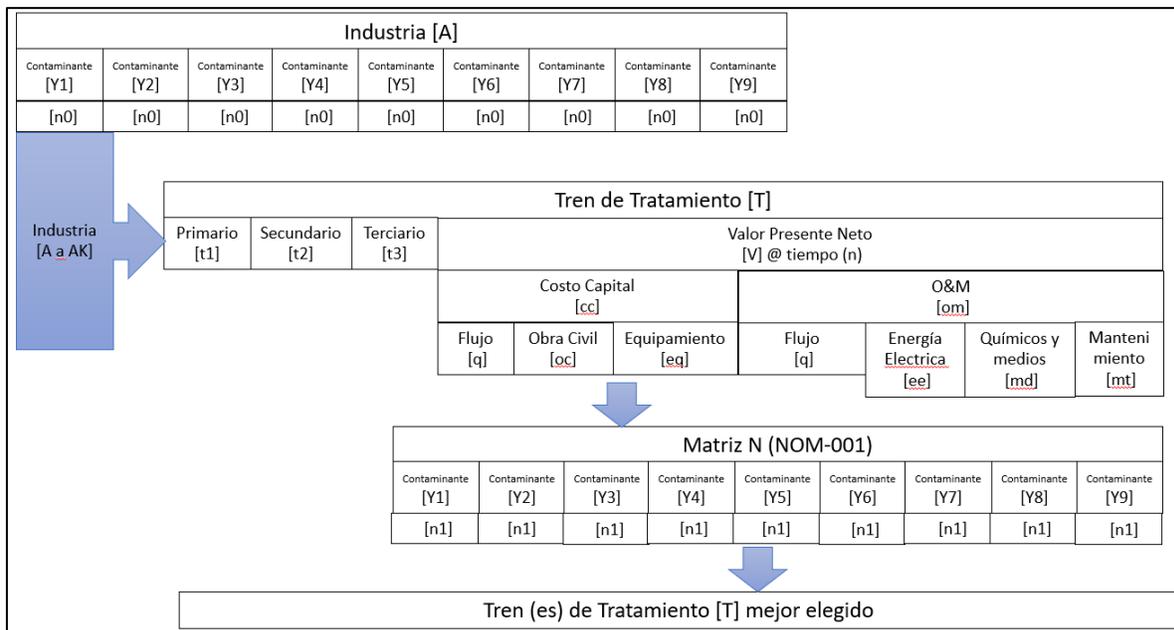


Figura 2 Diagrama de Flujo Procedimiento
Fuente: Figura de elaboración propia

El objetivo principal será diseñar un algoritmo para confrontar diferentes matrices,

los contaminantes de una industria A (37 tipos de industrias más comunes en la Industria mexicana) con 9 contaminantes principales Y medidos por la NOM-001, tomando en cuenta una concentración inicial N0 para cada uno de ellos, eligiendo un tren de tratamiento T conformado por 1 tratamiento primario T1– 1 tratamiento secundario T2, 1 Tratamiento terciario T3 y con valor presente neto V para medir parámetros económicos y de operación. Los tratamientos componentes de los trenes de tratamiento tienen un valor de desbaste X para cada contaminante Y. Esta confrontación nos arrojará un resultado para el tren M con concentración N1 la cual tendrá que ser menor o igual a los límites de la NOM-001 y el parámetro V más bajo será nuestra mejor elección.

6.2. Descripción de las matrices y desarrollo del algoritmo

Figura 3. Descripción de algoritmo 2 Matriz industria A: La matriz A por industria y por contaminantes se realizará con base en el anexo 4, la cual contiene DBO5, TSS, grasas y aceites, DQO, COT, NTK, P, de la cual se buscará el rango medio de contaminantes, (punto medio), para empatar perfectamente con los contaminantes. Existen dos parámetros faltantes, temperatura y patógenos y dos parámetros que se descartarán por falta de datos históricos: materia flotante y sólidos sedimentables. Con respecto de la temperatura, de acuerdo con Speight, 2020, la contaminación térmica es una de las menos comunes, siendo la industria generadora de energía el mayor contaminante en este rubro (contaminante termal). Cuando el agua es usada como refrigerante se devuelve al entorno natural a una temperatura más alta, el cambio repentino de temperatura disminuye el suministro de oxígeno y afecta el ecosistema. Los peces y otros organismos adaptados a un rango de temperatura particular pueden morir por un cambio abrupto en la temperatura del agua (ya sea un rápido aumento o disminución de la temperatura del agua conocido como choque térmico). Sin embargo, como el presente estudio no estará tomando en cuenta a la industria generadora de energía, este parámetro no se tomará en cuenta para el análisis.

Se consultaron efluentes de diferentes tipos de industrias de forma individual ya que no se encontró una tabla que reuniera las caracterizaciones de patógenos por industria las cuales se incluyeron además de añadir una temperatura estándar para todas industrias, las cuales quedan en la tabla 18.

Tipo de Industria	Industria	Temperatura	Patógenos (coliformes fecales)
INDUSTRIA QUÍMICA	Industria manufacturera de Baterías	25	10
INDUSTRIA QUÍMICA	Fabricación de Carbón	25	10
TEXTIL Y BEBIDAS	Bebidas	25	5500
TEXTIL Y BEBIDAS	Lácteos	25	66900
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de frutas y vegetales	25	39000
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de Granos	25	3900

Tipo de Industria	Industria	Temperatura	Patógenos (coliformes fecales)
TEXTIL Y BEBIDAS	Proceso de Carnes Primer Proceso	25	39,000
TEXTIL Y BEBIDAS	Proceso de Carnes Segundo y posteriores	25	39,000
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Primer Proceso	25	39,000
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Procesos Posteriores	25	39,000
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Presentación	25	39,000
OTROS	Componentes Electrónicos y Eléctricos	25	ND
OTROS	Galvanoplastia	25	ND
OTROS	Explosivos	25	ND
OTROS	Manufacturera de Hierro y Acero	25	ND
OTROS	Rellenos Sanitarios	25	200
OTROS	Cubierta de Bobinas	25	ND
INDUSTRIA QUÍMICA	Peleterías	25	2600
HIERRO Y ACERO	Forjado	25	ND
HIERRO Y ACERO	Chapado	25	ND
HIERRO Y ACERO	Impresión de tableros	25	ND
HIERRO Y ACERO	Productos de metal y Maquinarias	25	ND
HIERRO Y ACERO	Metales no férricos	25	ND
TEXTIL Y BEBIDAS	Químicos Orgánicos, Plásticos y Fibras Sintéticas	25	ND
INDUSTRIA QUÍMICA	Formulación de Pinturas	25	ND
PETROLERA	Asfaltenos e Impermeabilizantes	25	ND
OTROS	Farmacéutica	25	ND
OTROS	Esmaltados y porcelanatos	25	ND
CELULOSA Y PAPEL	Pulpa y Papel	25	11
INDUSTRIA QUÍMICA	Procesadoras de caucho	25	ND
INDUSTRIA QUÍMICA	Llantas e interiores de caucho	25	ND
INDUSTRIA QUÍMICA	Caucho sintético	25	ND
TEXTIL Y BEBIDAS	Algodón	70	11
TEXTIL Y BEBIDAS	Lana	25	11
OTROS	Productos de Madera	25	ND
OTROS	Combustión de desechos	25	ND
AZUCARERA	Industria Azucarera	25	1,870,000

Tabla 18. Patógenos en distintas industrias
Fuente: Eckenfelder, 2010

De esta forma, se tienen todos los parámetros de la matriz A por industria, desde la industria A hasta la industria AK

La tabla resultante cuyo nombre para este estudio es matriz A se observa en el anexo . 6

- v) **Matriz T:** En esta matriz se organizarán los parámetros de la Tabla 10 resumen de tecnologías de tratamiento de agua efluente más usadas en la industria de acuerdo con su categoría, primarios, secundarios y terciarios, los cuales serán ordenados en serie por el algoritmo en el siguiente orden:

Primario – Secundario – Terciario

De acuerdo a Troconis, A., & Herbert, K. 2011 entre otros más en la literatura, se han delimitado que los trenes de tratamiento básicos se configura PRIMARIO-SECUNDARIO – TERCIARIO y TRATAMIENTO DE LODOS, el cual se excluirá del algoritmo para fines de simplificación del algoritmo, la forma en la que se acomodarán los tratamientos en las matrices será de la siguiente forma:



*Figura 3 Configuración Básica de Tratamiento de Agua
Fuente: Elaboración Propia*

Una vez acomodados de esta forma, cada proceso tendrá un valor de CAPITAL (CAPEX) y OPERATIVOS (OPEX) asignados por medio de las ecuaciones indicadas en la sección de Marco Teórico, y que se calcularán para cada tren de tratamiento.

Cada combinación de CAPEX Y OPEX en conjunto y su interacción a largo plazo, se eligió al Valor Presente Neto (VPN) , este valor económico asigna un valor Flujo de Caja del primer periodo, Rentabilidad requerida que se exige al proyecto, índice de incremento en el valor de la renta de cada periodo, un periodo de tiempo y la inversión inicial necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Si bien el VPN nació para evaluar proyectos que tienen una rentabilidad explícita de forma monetaria, en esta ocasión se usará esta misma forma de evaluación

para los proyectos de tratamiento de agua, que si bien no tienen una rentabilidad explícita y nacieron para minimizar el impacto al medioambiente de las descargas industriales y los derivados de las actividades humanas domésticas.

- iv. **MATRIZ T:** Una vez obtenido por cada uno de los trenes combinados
- 1) Valores de Desbaste por Industria A...AZ cumpliendo la matriz N
 - 2) Valores de VPN por cada Tren asignado a la industria A..AZ más bajos

Una vez configuradas las matrices, se pueden realizar las combinaciones necesarias con las condiciones citadas (valores de desbaste y valores de VPN). Los resultados finales de estas combinaciones, realizadas por el programa se muestran en el ANEXO

Se tienen los elementos para crear la Matriz T, los resultados de las combinaciones que alcanzaron estas dos condiciones se muestran en el ANEXO 10. Resultados Finales, de los cuales se obtendría el mejor resultado con las combinaciones realizadas, cumpliendo con las condiciones requeridas. En algunas matrices, se obtuvieron hasta 5 resultados que cumplían con las condiciones solicitadas.

6.3. Resultados finales

Los resultados finales del algoritmo desarrollado se muestran en la tabla 19, en donde únicamente se muestran los primeros tratamientos calificados por el algoritmo y el VPN a 20 años, ya que fue estos valores son los más representativos y donde el valor VPN tiene diferencias sustanciales.

	Industria Tratamiento	Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	vpn 20
A	Industria manufacturera de Baterías	0	0	210	14	0	0	0	0	0	
	DBS + FAI	0	0	75.6	0.4	0	0	0	0	0	6,098,127
B	Fabricación de Carbón	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	
	DBS + FLOT + DAF + FAI	0	0	108	0	0	0	0	0	0	12,490,481
C	Bebidas	0	5500	100	75	0	0	100	0	1500	
	DBS + FAI + TBA + OQ	0	64.3	0.7	1	0	0	18.2	0	36.4	13,982,909
D	Lácteos	0	1750	1500	650	0	0	75	0	15000	
	DBS + FLOT + FAI + OQ	0	143.3	54	0.8	0	0	14.3	0	727.6	13,667,155
E	Procesos de frutas y vegetales	0	650	500	0	0	0	0	0	15000	
	DBS + TANX + OQ	0	105.3	72	0	0	0	0	0	519.7	10,599,243
F	Procesos de Granos	0	2337.5	1790.5	0	2686.5	0	0	49.25	1500	
	DBS + TBA + OQ	0	42.1	28.6	0	7.3	0	0	8.8	52	10,903,699
G	Proceso de Carnes Primer Proceso	0	4700	2250	410	0	0	270	53.5	45000	
	DBS + FAI + TBA + TANX + OQ	0	49.5	14.6	3.1	0	0	9.9	8.3	382	17,100,170
H	Proceso de Carnes Segundo y posteriores	0	3250	1380	980	0	0	48	63	45000	
	DBS + FLOT + FAI + TBAN + OQ	0	106.5	19.9	0.7	0	0	8.7	10.8	764	16,858,838
I	Procesadoras de Aves Primer Proceso	0	1900	870	415	0	0	72	16.5	45000	
	DBS + FLOT + FAI + TANX + OQ	0	140	28.2	0.3	0	0	2.7	2.8	764	16,784,416
J	Procesadoras de Aves Procesos Posteriores	0	3300	1660	790	0	0	80	72	30000	
	DBS + FAI + TBA + OQ	0	38.6	12	10.7	0	0	14.6	12.4	727.6	13,982,909
K	Procesadoras de Aves Presentación	0	2000	3200	1600	0	0	180	38	30000	
	DBS + FAI + OQ + CG-FLs	0	93.6	92.2	11.9	0	0	24.2	3.6	727.6	14,451,226
L	Componentes Electrónicos y Eléctricos	0	6.2	812.5	5	0	0	0	0	0	
	DBS + FLOT + FAI	0	2.5	146.2	0	0	0	0	0	0	9,204,090
M	Galvanoplastia	0	0	5000.05	0	0	0	0	0	0	
	DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	108	0	0	0	0	0	0	19,614,259
N	Explosivos	0	650	290	0	3625	491	246.5	0	0	

	Industria Tratamiento	Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	vpn 20
	DBS + TANX + OQ	0	105.3	41.8	0	29.4	4	9.8	0	0	10,599,243
O	Manufacturera de Hierro y Acero	0	0	2515.5	20506.5	4986	0	838	0	0	
	DBS + FLOT + FAI + TANX + OQ	0	0	81.5	13.9	18.4	0	31.9	0	0	16,784,416
P	Rellenos Sanitarios	0	3800.5	8252	35	8367.5	2401	0	11.505	1500000	
	DBS + FLOT + DAF + FAI + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	2.9	2.1	0	0.7	0.2	0	0.8	764.4	30,574,241
Q	Cubierta de Bobinas	0	0	132	196	0	0	0	24.25	0	
	DBS + FAI + TBP	0	0	45.1	5.4	0	0	0	4.7	0	9,902,866
R	Peleterias	0	3150	4655	843	7700	1450	468	0	0	
	DBS + FAI + TBAN + TANX + OQ	0	132.7	120.7	6.3	12.2	2.3	17.1	0	0	16,870,136
S	Forjado	0	3500	2500	15000	25000	8750	150	0	0	
	DBS + FLOT + FAI + TBAN + OQ	0	114.7	36	10.2	30.7	10.7	27.1	0	0	16,858,838
T	Chapado	0	0	0	300	0	0	0	0	0	
	DBS + FAI	0	0	0	8.7	0	0	0	0	0	6,098,127
U	Impresión de tableros	0	0	0	300	0	0	0	0	0	
	DBS + FAI	0	0	0	8.7	0	0	0	0	0	6,098,127
V	Productos de metal y Maquinarias	0	2000	1000	2300	11300	3400	600	170	0	
	DBS + FAI + TANX + OQ + CG-FLs	0	84.2	25.9	9.4	23.8	7.2	16.1	14.7	0	17,568,487
W	Metales no férricos	0	0	0	2197.3	0	0	0	0	0	
	DBS + FLOT + FAI	0	0	0	3.2	0	0	0	0	0	9,204,090
X	Químicos Orgánicos, Plásticos y Fibras Sintéticas	0	1253.5	3057.5	0	15635	2834	0	0	0	
	DBS + TBA + OQ	0	22.6	48.9	0	42.2	7.7	0	0	0	10,903,699
Y	Formulación de Pinturas	0	32890	74140	1721	175600	23750	0	0	0	
	DBS + FLOT + FAI + TBA + TBAN + OQ	0	107.7	106.8	0.6	64.7	8.8	0	0	0	20,280,555
Z	Asfaltenos e Impermeabilizantes	0	10	6955.5	25	0	0	0	0	0	
	DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	1.4	112.7	0	0	0	0	0	0	25,250,061
AA	Farmacéutica	0	2360	708	0	5359	0	0	0	0	
	DBS + FAI + TBA	0	138.1	25.5	0	940.5	0	0	0	0	9,519,844

	Industria Tratamiento	Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	vpn 20
AB	Esmaltados y porcelanatos	0	0	16305	48	0	0	0	4.69	0	
	DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	105.7	0	0	0	0	4.2	0	29,157,623
AC	Pulpa y Papel	0	0	0	0	6000	0	0	0	0	
	DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0	958.2	0	0	0	0	16,398,043
AD	Procesadoras de caucho	0	15.1	554	48.4	150.005	0	0	0	0	
	DBS + FLOT + FAI	0	6.2	99.7	0.1	61.4	0	0	0	0	9,204,090
AE	Llantas e interiores de caucho	0	214.5	392.5	100.5	1425	0	0	0	0	
	DBS + FAI	0	125.5	141.3	2.9	833.6	0	0	0	0	6,098,127
AF	Caucho sintético	0	600	1100	0	0	0	0	0	0	
	DBS + FLOT + FAI + CG-FL	0	147.4	79.2	0	0	0	0	0	0	13,111,653
AG	Algodón	0	600	1100	0	0	0	0	0	0	
	DBS + FLOT + FAI + CG-FL	0	147.4	79.2	0	0	0	0	0	0	13,111,653
AH	Lana	0	225	225	0	400	0	0	0	0	
	DBS + FAI	0	131.6	81	0	234	0	0	0	0	6,098,127
AI	Productos de Madera	0	2028	750	300	10950	0	2.085	1.65	0	
	DBS + FAI + TBA + TBAN	0	47.5	10.8	2.6	576.5	0	1.8	1.3	0	12,711,527
AJ	Combustión de desechos	0	5000.5	210.5	0	9506.5	2250.85	0	600.005	0	
	DBS + TBA + TANX + TBP + OQ	0	77	2.9	0	21.9	5.2	0	19.2	0	17,825,699
AK	Industria Azucarera	0	6000	1100	0	10000	0	75	1.65	15000	
	DBS + TBA + OQ	0	108	17.6	0	27	0	14.1	0.3	519.7	10,903,699

Tabla 19. Combinaciones

Fuente: Tabla de Elaboración propia con combinaciones realizadas

7. Discusión de resultados

7.1. Consideraciones generales

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos con ayuda del programa usado, el cual calificó con los parámetros indicados las iteraciones por industria. En la discusión de dichos resultados se puede encontrar si la hipótesis establecida es correcta o incorrecta dependiendo de los resultados obtenidos por el programa.

Anterior a la discusión de resultados es importante mencionar que durante el cálculo se tuvieron que tomar algunas decisiones y consideraciones para el correcto desarrollo:

- El proceso DBS (Desbaste) se colocará siempre como inicio de sistema para el algoritmo, este sistema elimina sólidos mayores a 30-5 mm y es uno de los requeridos de forma obligatoria en cualquier tratamiento de agua residual. La primera operación unitaria que se encuentra generalmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales son las rejas gruesas utilizadas para el desbaste. Las rejas gruesas son dispositivos con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener sólidos encontrados en las aguas residuales afluentes a la planta de tratamiento o en las aguas residuales combinadas, sistemas de recolección sujetos a desbordamientos, especialmente de aguas pluviales. El papel principal del cribado es para eliminar materiales gruesos de la corriente de flujo que podrían (1) dañar el equipo de proceso posterior, (2) reduce la confiabilidad general del proceso de tratamiento y la eficacia del tratamiento posterior (Metcalf & Eddy, 2003). Por lo cual este proceso fue incluido en todos los casos al iniciar el tratamiento.
- El cumplimiento de la NOM 001 para el algoritmo es mandatorio sin embargo, en las plantas actuales, construidas anteriormente y contra las cuales va nuestra hipótesis en ocasiones no se cumple.
- La NOM 001 que se estudia, será en su versión 1996, ya que las plantas fueron construidas con esta versión de la norma.
- El VPN a 20 años resultó ser el más significativo, ya que refleja en un mayor grado el impacto de la operación, además de ser una cifra más acercada a la etapa de vida de diseño de la mayor parte de las plantas, por lo cual la comparativa se realizará con este valor.

7.2. Comparativo de resultados

En orden de probar la hipótesis se realizará una comparativa entre las plantas industriales reportadas por CONAGUA y las construidas con el algoritmo. En ambos casos se crearán VPN a 20 años, siguiendo los pasos indicados en el procedimiento. Este resultado nos indicará, de acuerdo con los valores más altos si se tomó en cuenta valores operacionales en la construcción de estas.

Debido a que las plantas reportadas por CONAGUA solamente están configuradas en PRIMARIO, SECUNDARIO Y TERCIARIO, se construirán tres trenes para cada planta de cada tipo combinando varios sistemas que se observan en las construcciones reales. Usando las ecuaciones obtenidas en las referencias bibliográficas, se obtendrán el CAPEX, OPEX y VPN correspondiente, los cuales serán evaluados por el algoritmo.

Los resultados de esta comparativa se pueden observar en la tabla 20 mostrada a continuación, en las cuales se mostrarán CAPEX, OPEX y VPN a 20 años para ambas, lo cual podrá comprobar o desmentir la hipótesis.

PLANTAS ACTUALES				RESULTADOS CON ALGORITMO			
	CAPEX	OPEX 1 año	VPN a 20 años		CAPEX	OPEX 1 año	VPN a 20 años
PRIMARIO				PRIMARIO (materiales no férricos)			
DBS+CG-FL	\$131,333.03	\$1,047,030.69	\$13,808,482.45	DBS + FLOT +FAI	\$138,892.43	\$694,123.25	\$9,204,090
SECUNDARIO				SECUNDARIO (farmacéutico)			
DBS+SED+TBA	\$274,781.86	1,258,121.20	\$16,704,864.93	DBS + FAI + TBA	\$177,253.39	\$715,463.67	\$9,519,844
TERCIARIO				TERCIARIO (formulación de Pinturas)			
DBS+SED+TBA + FIL	\$309,633.37	2,218,341.28	\$29,286,168.55	DBS + FLOT + FAI + TBA + TBAN + OQ	\$ 536,987.34	\$1,512,457.45	\$20,280,555

Tabla 20. Comparativas Finales

a) Observaciones de la Comparativa Final

- Los costos OPEX de los trenes de plantas actuales se pueden observar mayores reflejándose en altos VPN, por lo cual se observa que es más representativo a largo plazo un OPEX mayor que un CAPEX menor.
- Se pueden observar los bajos costos de inversión que ofrecen sobre todo los trenes primarios y los altos costos de OPEX que a lo largo del tiempo resultan insostenibles para los operadores.

- Existen tipos de industrias que utilizan materiales inorgánicos tales como las de la industria química, galvanoplastia, manufactureras de Hierro que de acuerdo con el algoritmo pueden ser susceptibles de usar únicamente tratamientos primarios como procesos de eliminación de contaminantes, sin embargo, existen actualmente procesos como el de Flotación de Aire Inducido (FAI) que pueden ya sea sustituir o bien asistir a este tipo de tratamientos de acuerdo con lo que se observa en la tabla. Este tipo de asistencia evidentemente ofrecen costos CAPEX altos, pero su buen rendimiento en OPEX y en este estudio su VPN por debajo de los valores de 20 MDP, los hacen una excelente inversión que ofrece ahorros con respecto de usar únicamente un tratamiento primario.
- Los resultados de la calificación de algoritmo con respecto del VPN, observaron valores por debajo de los 20 MDP exceptuando 2 industrias, Asfaltenos e impermeabilizantes y Esmaltados y porcelanatos, correspondiendo con su complejidad como efluente, ya que en realidad si resultan ser efluentes muy difíciles de tratar. (REFERENCIA AL ANEXO 10)
- Se observa que existen en general trenes de tratamiento más actualizados que ofrecen mejor rendimiento en cuestión de CAPEX en Tratamiento Primario y Terciario, siendo el tratamiento Biológico una excelente opción tanto en los trenes actuales como en los propuestos por el algoritmo ya que ofrece costos OPEX de por sí muy bajos. El tratamiento secundario Biológico permanece como una opción viable para procesos con cargas biológicas.

Cuando estos resultados se conjugan con las observaciones de la Tabla 4 *Resumen y estadísticas de tratamiento de agua industrial por tratamiento*, se pueden entender los porcentajes de Operación decrecientes por décadas, los cuales para trenes Primarios fue bajando de 44.2% a 33.64% y posteriormente a 28.74%. Lo cual se puede entender como un efecto secundario a los altos costos operativos.

- Se observa que en las primeras décadas de inventarización (2000 a 2010) existía una tendencia mayor para la construcción de trenes primarios, los cuales evidentemente tienen un CAPEX mucho menor, OPEX muy alto debido al consumo de productos químicos y se puede observar que esta tendencia fue disminuyendo (53% del caudal tratado en 2000 al 28% en 2019).
- Se puede observar entonces que las plantas construidas sobre todo en la década de 2000 a 2009 que fueron construidas con una orientación clara a

bajo CAPEX sobre todo en TRENES PRIMARIOS, sin tomar en cuenta costos de operación y observando una clara tendencia al desuso posterior de las mismas de acuerdo a los datos de la Tabla 4 *Resumen y estadísticas de tratamiento de agua industrial por tratamiento*.

- La hipótesis se ratifica para TRENES PRIMARIOS Y TRENES TERCIARIOS, planteándose los costos operativos como una de las principales razones por las cuales resulta insostenible su operación. Para TRENES SECUNDARIOS, la hipótesis no se ratifica ya que El Tratamiento Biológico sigue permaneció como la opción indicado para Industrias con carga orgánica.

8. Conclusiones

8.1. Objetivo General:

Se cumplió el objetivo de determinar los factores que influyen en la elección de los tratamientos de agua residual industrial en el ámbito nacional, para lo cual se estableció la metodología descrita en el presente trabajo.

El primer factor influyente es el de tratamiento, es decir que el tratamiento escogido cumpla con la NORMA oficial NOM-001, posteriormente, se puede observar con base a los resultados de la metodología, el único factor económico que se tenía en cuenta era el CAPEX o valor de inversión descartando totalmente los costos operativos que se podían derivar de este tratamiento.

8.2. Objetivo Particular 1.1.

El objetivo de proponer una metodología para ponderar elecciones de tratamiento en base a las variables económicas se cumplió, ya que esta metodología nos permite integrar primariamente variables económicas y de forma secundaria el cumplimiento del desbaste de cada uno de los contaminantes, el que debe de ser incluido como parámetro esencial en la elección de cada uno de los elementos del tren de tratamiento. Esta metodología permite ir actualizando los procesos de tratamiento o descartando algunos dependiendo de su validez tecnológica, de igual forma permite evaluar cómo se desempeña un sistema obsoleto a uno más actualizado o novedoso.

8.3. Objetivo Particular 1.2.

Se cumple de igual forma el objetivo de evaluar cual fue el parámetro económico que primordialmente fue el motor de decisión, en este caso se ratifica que únicamente se tomó en cuenta el CAPEX o inversión inicial.

8.4. Objetivo Particular 1.3.

El objetivo de analizar si las Normas Mexicanas de actual implementación permiten una observación del amplio espectro de contaminación que se emite en el agua residual industrial se cumplió de forma parcial ya que en el medio de la disertación llegó una actualización de la NORMA a la versión 2021 que si bien cuenta con modificaciones de parámetros y límites nuevos, sigue sin contar con evaluaciones de parámetros emergentes. Se observa que la actual evaluación de TOXICIDAD resulta ser una actualización de importancia alta, en la presente disertación se menciona este parámetro como uno de los más relevantes para evaluar la calidad del agua en el presente y no estaba en la versión 1996.

8.5. Validación de la Hipótesis

Se validó entonces la hipótesis ya que la metodología propuesta nos permite contrastar los criterios de evaluación anteriores y con procesos actuales que de igual forma cumplen con la normativa. Se observa como los costos OPEX en el pasado no fueron tomados en cuenta y fueron causa efectiva del desuso de plantas de tratamiento.

Se puede inferir, observando los resultados de los OPEX que el desuso de estas plantas se debe principalmente a que en un periodo mayor a 5 años, sus costos de operación vuelven incosteable e insostenible su manutención. Es después de este periodo que se ve que los costos de inversión bajos observaron su bajo rendimiento. Las posibles causas de desuso de acuerdo con el estudio son debido a costos químicos sumados a altos costos de electricidad.

Se observa asimismo que actualmente las tecnologías disponibles ofrecen más posibilidades a los ingenieros de diseño y sus combinaciones de tratamientos ofrecen un mayor desbaste de contaminantes para las industrias.

Durante el desarrollo de la presente disertación también se pudo observar, con base a la Gráfica 3. Consumos industria – Caudal tratado en PTAR industriales, que el tratamiento de aguas residuales industriales ha mantenido un déficit en las décadas analizadas, es decir el caudal de aguas residuales industriales ha ido en aumento franco y su tratamiento no ha respondido en el mismo sentido de crecimiento, lo cual causa un impacto negativo en el ambiente, dadas las altas cantidades de contaminantes arrojados al mismo. Es de suma importancia actualizar los caudales de tratamiento, los cuales se mantienen en un 52% actual.

9. Recomendaciones

La metodología desarrollada puede ofrecer una guía para observar el comportamiento de un tratamiento a largo plazo y fungir como una guía para los ingenieros de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales para convencer a los inversores de obtener una planta que con una inversión

mayor pueda ser más sostenible en el tiempo de vida útil de la misma.

10. Glosario

Aguas residuales industriales. Las aguas provenientes de las descargas de usos industriales, comerciales, de servicios, así como la mezcla de ellas.

Aguas residuales. Las aguas provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Carga contaminante. Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

Contaminantes básicos. Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a la NOM-001 sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno₅, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

Contaminantes patógenos y parasitarios. Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos, que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a la NOM-001 sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

Demanda Química de Oxígeno (DQO). La medida del oxígeno consumido por la oxidación de la materia orgánica e inorgánica en una prueba específica.

Fósforo Total. Suma de las concentraciones de fosfatos (ortofosfatos, fosfatos condensados, otros polifosfatos, y fosfatos orgánicos).

Grasas y Aceites. Son los compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como de hidrocarburos del petróleo que son extraídos de la muestra utilizando hexano como solvente.

Ley. Ley de Aguas Nacionales (LAN).

Límite permisible. Valor o intervalo de valores asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las aguas residuales descargadas en cuerpos receptores propiedad de la nación.

Metales. Es la suma de las concentraciones de cada uno de los elementos en sus diferentes formas (en solución o disueltos y en suspensión). Para fines de esta norma se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc.

Nitrógeno Total. Suma de las concentraciones de nitrógeno total *Kjeldahl*, nitrógeno de nitritos y nitrógeno de nitratos.

NOM 001. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

OPEX. Del inglés "Operational expenditures", es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales.

Parámetro. Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y/o biológica del agua.

Parámetros básicos. En lo que corresponde a la NOM-001 se consideran los siguientes: grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, carbono orgánico total, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno total *Kjeldahl*, de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/L de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

pH. Concentración de iones hidrógeno expresada como logaritmo negativo que representa la acidez o alcalinidad del agua.

VPN. Valor presente neto, también conocido como valor actualizado neto o valor actual neto (en inglés net present value), (en inglés, NPV), corresponde al valor presente de los flujos de caja netos (ingresos - egresos) originados por una inversión.

11. Bibliografía

1. Acampa, G., Giustra, M. G., & Parisi, C. M. (2019). Water treatment emergency: Cost evaluation tools. *Sustainability*, 11(9), 2609. <https://doi.org/10.3390/su11092609>
2. American Water Works Association (AWWA), & American Society of Civil Engineers. (2005). *Water treatment plant design* (4th ed.). McGraw-Hill Professional.

3. Ahmed, S. A., Tewfik, S. R., & Talaat, H. A. (2003). Development and verification of a decision support system for the selection of optimum water reuse schemes. *Desalination*, 152(1–3), 339–352.
[https://doi.org/10.1016/s0011-9164\(02\)01082-2](https://doi.org/10.1016/s0011-9164(02)01082-2)
4. Antonio Rodríguez Fernández, Alba Pedro Letón García Roberto Rosal García Miriam Dorado Valiño, Susana Villar Fernández, Juana M. Sanz García. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Universidad de Córdoba. Servicio de Publicaciones.
5. Aquastat-FAO. Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>.
Fecha de consulta: noviembre de 2023
6. Chain, N. S., & Chain, R. S. (2011). *Preparación y evaluación de proyectos* (4th ed.). McGraw-Hill Companies.
7. CONAGUA. (2002). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Conagua.
8. CONAGUA, (Octubre 2018), Plan Hídrico Nacional 2014-2018. Mayo 2020. Sitio Web:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/411191/PNH_Reporte_Transversalidad_061118_s_a.pdf
9. CONAGUA. (2019). Registro Publico de Derechos de Agua . Mayo 2020, de CONAGUA Sitio web:
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua>
10. Coelli, T. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis* (2nd ed.). Springer.
11. Degremont. (2003). *Memento Technique De l'Eau* (9th ed.). Intercept.
12. Enrique Castelán. (Octubre 2000). *Análisis y Perspectiva del Recurso Hídrico en México*. Tesis de Maestría, 1, 48. Mayo 2020, De Repositorio Tesis IPN Base de datos.
13. Eckenfelder, W. W., Ford, D. L., & Englande, A. (2008). *Industrial Water Quality* (4th ed.). McGraw-Hill Professional.

14. Sipala, S., Mancini, G., & Vagliasindi, F. G. A. (2003). Development of a web-based tool for the calculation of costs of different wastewater treatment and reuse scenarios. *Water Science & Technology: Water Supply*, 3(4), 89–96. <https://doi.org/10.2166/ws.2003.0049>
15. Hilbig, J., Boysen, B., Wolfsdorf, P., & Rudolph, K.-U. (2020). Economic evaluation of different treatment options for water reuse in industrial parks using modular cost functions. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 10(4), 419–430. <https://doi.org/10.2166/wrd.2020.032>
16. European Parliament, Council of the European Union. (2020). *Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human*. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/LSU/?uri=CELEX:32020L2184>
17. Förster, J. (2014). Archive: Water use in industry Cooling for electricity production dominates water use in industry. Eurostat, 7. <https://doi.org/ISSN:2314-9647>
18. Metcalf & Eddy Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2002). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4a ed.). McGraw Hill Higher Education.
19. Kampet, T. (2005). The cost planning for building, operating and maintaining wastewater treatment plants. Presentation in the frame of the Tacis Project: "Water environmental monitoring and management in the Kaliningrad Oblast".
20. Más de 80% del agua se va en uso agrícola y de la industria. (2018, octubre 29). Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-industria>
21. Osman, M. (2014). Waste water treatment in chemical industries: The concept and current technologies. *Hydrology Current Research*, 05(01). <https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000164>
22. OPERATION COSTS OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS Author: Arnd Wendland. *Efficient Management of Wastewater*. Technische

23. Rubino, P. (2015). Progetto Pon in.te.R.R.A. : Linee Guida per il Riutilizzo Irriguo delle Acque reflue depurate. Torrossa. 153–181.
24. SAGARPA. (2016). Reducción del consumo de agua en los procesos productivos del ingenio. CONADESUCA.
25. Secretaria de Medio Ambiente, R. N. y. P. (1997, Junio 1). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997#gsc.tab=0
26. Secretaria de Medio Ambiente, R. N. y. P. (1998, Junio 3). NORMA Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3295/1/nom-002-semarnat-1996.pdf>
27. Secretaria de Medio Ambiente, R. N. y. P. (1998, Septiembre 21). NORMA Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3297/1/nom-003-semarnat-1997.pdf>
28. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2022, Noviembre 3). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0
29. Shammas, N. K., & Wang, L. K. (2010). Fair, Geyer, and okun's, water and wastewater engineering: Water supply and wastewater removal (3a ed.). John Wiley & Sons.
30. Troconis, A., & Herbert, K. (2011). Tratamiento de Aguas Residuales. Belzona International Limited. https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
31. Turkmenler, H., & Aslan, M. (2017). An evaluation of operation and maintenance costs of wastewater treatment plants: Gebze wastewater

treatment plant sample. *Desalination And Water Treatment*, 76, 382–388.
<https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20691>

32. Uluatam, S. S. (1991). Cost models for small wastewater treatment plants. *The International journal of environmental studies*, 37(3), 171–181.
<https://doi.org/10.1080/00207239108710628>
33. Van Horne, J. C., & Wachowicz, J. M. (2010). *Van Horne: Fundamentals of financial management* (13th ed.). Financial Times Prentice Hall.
34. Water Environment Federation. (2008). *Industrial wastewater management, treatment, and disposal: Wef manual of practice no. FD-3* (3a ed.). McGraw-Hill Professional.
35. Water Environment Federation. (2020). *Industrial wastewater management, treatment, and disposal: Manual of practice FD-3* (3rd ed.). Water Environment Federation.
36. Water Environment Federation. (2010). *Information technology in water and wastewater utilities, WEF MOP 33*. McGraw-Hill Professional.

12. Anexos

Anexo 1 Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2000

Anexo 1. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2000													
	Numero de plantas			Gasto Total		TIPO DE TRATAMIENTO Y CAUDAL TRATADO							
	Total	Sin Operar	En Operacion	Diseño (Lps)	Operación (Lps)	PRIMARIO		SECUNDARIO		TERCIARIO		NO ESPECIFICADO	
						Número Plantas	Gasto (lps)	Número Plantas	Gasto (lps)	Número Plantas	Gasto (lps)	Número Plantas	Gasto (lps)
Aguascalientes	24	2	22	196	70	3	4	19	66				
Baja California	181	26	155	1,000	912	122	733	32	173	1	7		
Baja California Sur	10	1	9	190	190	1	1	8	189				
Campeche	46	2	44	66	18			44	18				
Coahuila	53	2	51	1,027	794	11	11	35	759	5	24		
Colima	10		10	467	315	2	71	8	244				
Chiapas	13	2	11	687	687	3	544	8	143				
Chihuahua	22	1	21	663	287	3	12	18	275				
Distrito Federal	1		1	23	23			1	23				
Durango	18		18	452	281	7	138	10	123	1	20		
Guanajuato	56		56	535	235	14	23	34	187	8	25		
Guerrero	8	1	7	47	37			7	37				
Hidalgo	43		43	1,623	1,000	17	78	23	921	3	2		
Jalisco	54		54	371	371	34	265	19	106	1			
México	110	2	108	446	379	9	16	88	259	11	105		
Michoacán	35	2	33	2,179	1,239	8	688	25	551				
Morelos	67	11	56	851	747	28	547	20	176	8	23		
Nayarit	4		4	163	163	2	156	2	7				
Nuevo León	21		21	3,255	2,383			21	2,383				
Oaxaca	13		13	1,095	586	6	53	7	533				
Puebla	106	10	96	601	410	23	68	71	342			2	
Querétaro	84		84	960	441	29	11	46	89	9	341		
Quintana Roo	2		2	11	5			2	5				
San Luis Potosí	58	1	57	855	711	4	54	52	657	1			
Sinaloa	20	5	15	341	311	12	250	2	60	1	1		
Sonora	18		18	303	103	3		15	103				
Tabasco	66		66	430	383	33	214	31	167	2	3		
Tamaulipas	39		39	1,152	1,045	13	490	25	554	1	1		
Tlaxcala	70		70	276	276	27	9	36	253	7	13		
Veracruz	151	2	149	20,990	10,749	79	6,740	65	3,980	5	29		
Yucatán	68	10	58	124	80	6	21	52	59				
Zacatecas	8		8	158	47			8	47				
TOTAL	1,479	80	1,399	41,536	25,280	499	11,196	834	13,490	64	594	2	

Anexo 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2009

Anexo 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2009															
	No. de Plantas			Capacidad			Tipo de Tratamiento y Caudal Tratado								
	Total	Sin Operar	En Operación	Instalada (l/s)	En Operación (l/s)		Primario		Secundario			Terciario		No Especificado	
							No	Caudal (l/s)	No	Caudal (l/s)		No	Caudal (l/s)	No	Caudal (l/s)
Aguascalientes	57	4	53	253.6	119.8	2.260	8	9	44	90.8	2.06	1	20	0	0
Baja California	61	0	61	482	0	0.000	27	0	34	0	0.00	0	0	0	0
Baja California Sur	10	3	7	8.2	8.2	1.171	1	0.8	6	7.4	1.23	0	0	0	0
Campeche	51	2	49	4983	158.5	3.235	16	2.1	32	156.3	4.88	1	0	1	0
Chiapas	49	2	47	61763	3037.5	64.628	9	2 219.4	38	818.1	21.53	0	0	0	0
Chihuahua	21	1	20	662.8	286.6	14.330	6	41	14	245.6	17.54	0	0	0	0
Ciudad de México	67	0	67	883.1	609.8	9.101	27	79.9	38	522	13.74	2	7.8	0	0
Coahuila de Zaragoza	10	2	8	467	310.5	38.813	1	70.0	7	240.5	34.36	0	0	0	0
Colima	200	0	200	798.2	339.3	1.697	62	14.6	55	91.4	1.66	28	8.1	55	225.3
Durango	44	2	42	834.1	469.1	11.169	8	122.1	33	341	10.33	1	6	0	0
Guanajuato	45	0	45	397.8	180.3	4.007	12	19.8	28	138.7	4.95	5	21.9	0	0
Guerrero	8	1	7	15333.2	26.4	3.771	0	0	7	26.4	3.77	0	0	0	0
Hidalgo	47	6	41	3486.6	2995.6	73.063	5	1.7	32	2684.3	83.88	4	309.7	0	0
Jalisco	36	0	36	1511.6	1511.6	41.989	0	0	5	80.8	16.16	0	0	31	1430.9
México	319	4	315	4835.5	3274.5	10.395	120	225	178	2923.6	16.42	14	116.8	3	9.1
Michoacán de Ocampo	77	1	76	2832.9	626.1	8.238	24	386.4	47	227.7	4.84	1	2.5	4	9.5
Morelos	87	6	81	1224.1	763.2	9.422	5	19.5	16	40.5	2.53	0	0	60	703.2
Nayarit	4	0	4	163	163	40.750	2	155.6	2	7.4	3.70	0	0	0	0
Nuevo León	84	0	84	4131.4	2999.9	35.713	26	460.9	55	2535.8	46.11	3	3.2	0	0
Oaxaca	15	0	15	1220.8	901.3	60.087	10	618.6	5	282.7	56.54	0	0	0	0
Puebla	116	0	116	2988	2718.1	23.432	37	1037.6	73	1676.2	22.96	4	4.1	2	0.3
Querétaro de Arteaga	120	0	120	1193.9	508.8	4.240	26	30.2	88	449.7	5.11	6	28.9	0	0
Quintana Roo	2	0	2	10.5	5	2.500	0	0	2	5	2.50	0	0	0	0
San Luis Potosí	84	3	81	1331.2	1183.5	14.611	41	917.4	33	214.3	6.49	7	51.8	0	0
Sinaloa	92	3	89	3207.5	799.9	8.988	17	498.5	72	301.4	4.19	0	0	0	0
Sonora	25	0	25	423.9	221.7	8.868	13	65.7	12	156	13.00	0	0	0	0
Tabasco	124	0	124	1054.7	643.9	5.193	99	159.1	10	401.6	40.16	3	54.7	12	28.5
Tamaulipas	54	2	52	3941.7	2841	54.635	21	1461.6	28	1121.2	40.04	3	258.2	0	0
Tlaxcala	111	3	108	226.2	196.1	1.816	39	53.8	60	137.9	2.30	2	3.6	7	0.9
Veracruz	169	3	166	11620.9	8685.7	52.323	64	5944.6	99	2376.2	24.00	3	364.8	0	0
Yucatán	57	21	36	114.1	70.8	1.967	5	21	31	49.8	1.61	0	0	0	0
Zacatecas	10	1	9	155.8	44.4	4.933	0	0	9	44.4	4.93	0	0	0	0
TOTALES NACIONALES	2256	70	2186	132540.3	36700.1		731	12346.5	1193	18394.7		88	1262.1	175	2407.7

Anexo 3. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2019

Anexo 3. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa y por proceso, 2019															
	No. de Plantas			Capacidad			Tipo de Tratamiento y Caudal Tratado								
	Total	Sin Operar	En Operación	Instalada (l/s)	En Operación (l/s)		Primario		Secundario			Terciario		No Especificado	
							No	Caudal (l/s)	No	Caudal (l/s)		No	Caudal (l/s)	No	Caudal (l/s)
Aguascalientes	71	0	71	349.2	177.7	2.503	17	16.5	53	161	3.04	1	0	0	0
Baja California	118	0	118	13066.1	13041.6	110.522	48	371.1	69	12670.4	183.63	1	0	0	0
Baja California Sur	30	0	30	4966.2	4966.2	165.540	17	4640.7	13	325.5	25.04	0	0	0	0
Campeche	203	0	203	4416.1	4415.9	21.753	99	1090.2	103	3325.1	32.28	1	1	0	0
Chiapas	124	0	124	4990.6	4659.1	37.573	25	860.1	99	3799	38.37	0	0	0	0
Chihuahua	15	0	15	654.8	282.8	18.853	6	41	9	241.8	26.87	0	0	0	0
Ciudad de México	8	0	8	8.5	7.6	0.950	4	3.8	4	3.8	0.95	0	0	0	0
Coahuila de Zaragoza	64	0	64	813.3	550.7	8.605	28	93.8	32	441.6	13.80	3	12.3	1	3
Colima	16	0	16	457.8	294.2	18.388	4	243	7	7.8	1.11	0	0	5	43.4
Durango	47	0	47	1131.8	655.7	13.951	8	126.1	35	517.1	14.77	4	12.5	0	0
Guanajuato	129	0	129	913.8	652.6	5.059	30	70.9	93	536	5.76	6	45.7	0	0
Guerrero	7	0	7	22.7	19.1	2.729	0	0	7	19.1	2.73	0	0	0	0
Hidalgo	51	0	51	1443.5	1435.8	28.153	8	25.2	37	802.2	21.68	6	608.4	0	0
Jalisco	103	0	103	1913.5	1807.3	17.547	23	61	37	282.3	7.63	0	0	43	1464
México	287	0	287	3380.5	2470.2	8.607	111	570.7	161	1814.3	11.27	11	84.5	4	0.6
Michoacán de Ocampo	142	0	142	3768.4	3214.7	22.639	50	2219.5	88	986	11.20	1	1.3	3	7.9
Morelos	102	0	102	1145.2	1106.5	10.848	4	201.5	29	765.2	26.39	0	0	69	139.8
Nayarit	18	0	18	805.7	805.7	44.761	3	156.1	8	14.5	1.81	0	0	7	635.1
Nuevo León	98	0	98	4399.3	3161.2	32.257	24	613	67	2536.3	37.86	7	11.8	0	0
Oaxaca	23	0	23	3406.4	2861.6	124.417	14	301.5	9	2560.2	284.47	0	0	0	0
Puebla	218	0	218	1141.1	1009.1	4.629	102	637.4	112	369	3.29	2	2	2	0
Querétaro de Arteaga	160	0	160	1244.2	654	4.088	29	100.1	127	552	4.35	1	0	3	1.5
Quintana Roo	6	0	6	78.2	72.7	12.117	2	7.9	4	64.8	16.20	0	0	0	0
San Luis Potosí	66	0	66	977.2	690.9	10.468	16	289.4	38	136.4	3.59	12	265.1	0	0
Sinaloa	115	0	115	14069.9	11631.2	101.141	16	2572.1	98	9057.1	92.42	1	2	0	0
Sonora	238	0	238	6692.3	6438.4	27.052	17	350	221	6088.4	27.55	0	0	0	0
Tabasco	152	0	152	1522.4	1372.3	9.028	112	943.2	25	424.8	16.99	15	4.3	0	0
Tamaulipas	114	0	114	9406.8	7953.7	69.769	38	3445.9	71	4318.1	60.82	5	189.7	0	0
Tlaxcala	72	0	72	365.6	273.7	3.801	39	147.7	31	115.6	3.73	1	10.4	1	0
Veracruz	159	0	159	13193.1	9884.3	62.165	62	4815.2	90	3953	43.92	7	1116.2	0	0
Yucatán	171	0	171	437.9	392.6	2.296	18	21.3	152	367.9	2.42	1	3.4	0	0
Zacatecas	17	0	17	182.7	155.5	9.147	1	0.9	16	154.6	9.66	0	0	0	0
TOTALES NACIONALES	3144	0	3144	101364.8	87114.6		975	25036.8	1945	57410.9		86	2370.6	138	2295.3

Anexo 4. Contaminantes convencionales y no convencionales. Agua residual industrial

		DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)
INDUSTRIA QUIMICA	Industria manufacturera de Baterías		210	14				
INDUSTRIA QUIMICA	Fabricación de Carbón		38-1800					
OTROS	Cubierta de Bobinas		84-180	52-340				5.5-43
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de alimentos							
TEXTIL Y BEBIDAS	Bebidas	1000-10000	ND-200	50-100			50-150	
TEXTIL Y BEBIDAS	Lácteos	1000-2500	1000-2000	300-1000			50-100	
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de frutas y vegetales	300-1000	200-800					
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de Granos	225-4450	81-3500		473-4 900			0.5-98
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Carnes							
TEXTIL Y BEBIDAS	Primer Proceso	2200-7200	1200-3300	150-670			230-310	35-72
TEXTIL Y BEBIDAS	Segundo y posteriores	1 500-5 000	360-2400	160-1800			24-72	44-82
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves							
TEXTIL Y BEBIDAS	Primer Proceso	1 600-2 200	760-980	160-670			54-90	12-21
TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos Posteriores	3300	1660	790			80	72
TEXTIL Y BEBIDAS	Presentación	2000	3200	1600			180	38
OTROS	Componentes Electrónicos y Eléctricos	5-7.4	185-1 440	3-7				
OTROS	Galvanoplastia		0.1-10 000					
OTROS	Explosivos	ND-1 300	60-520		50-7 200	2-980	3-490	
OTROS	Manufacturera de Hierro y Acero		31-5000	13-41000	72-9900		838	
OTROS	Rellenos Sanitarios	1-7 600	4-16 500	5-65	35-16 700	2-4 800		0.01-23
INDUSTRIA QUIMICA	Peleterías	400-5 900	710-8 600	86-1 600	1 800-13 600	ND-2 900	46-890	

HIERRO Y ACERO	Acabado de Metales							
HIERRO Y ACERO	Forjado	3 000-4 000	2 000-3 000	10000-20000	20000-30000	7500-10000	100-200	
HIERRO Y ACERO	Chapado			100-500				
HIERRO Y ACERO	Impresión de tableros			100-500				
HIERRO Y ACERO	Productos de metal y Maquinarias	2 000	1 000	2 300	11300	3400	600	170
HIERRO Y ACERO	Metales no férricos			4.6-4 390				
TEXTIL Y BEBIDAS	Químicos Orgánicos, Plásticos y Fibras Sintéticas	7-2 500	15-6 100	Presente	270-31 000	68-5 600		
INDUSTRIA QUIMICA	Formulación de Pinturas	280-65 500	280-148000	42-3 400	1 200-350 000	1 500-46 000		
PETROLERA	Asfaltenos e Impermeabilizantes	8-12	11-13 900	ND-50				
OTROS	Farmacéutica	220-4 500	16-1400		718-10000			
OTROS	Esmaltados y porcelanatos		110-32 500	ND-96				0.08-9.3
CELULOSA Y PAPEL	Pulpa y Papel				0-12 000			
INDUSTRIA QUIMICA	Procesadoras de caucho	0.2-30	8-1 100	0.8-96	0.01-300			
INDUSTRIA QUIMICA	Llantas e internos de caucho	9-420	15-770	1-200	50-2 800			
INDUSTRIA QUIMICA	Caucho sintético	200-1000	200-2000					
TEXTIL Y BEBIDAS	Textiles							
TEXTIL Y BEBIDAS	Algodón	200-1 000	200-2 000					
TEXTIL Y BEBIDAS	Lana	150-300	150-300		300-500			
OTROS	Productos de Madera	56-4 000	400-1 100	300	2 600-19 300		0.17-4	0.3-3
OTROS	Combustión de desechos	1-10 000	1-420		13-19 000	1.7-4 500		0.01-1 200
AZUCARERA	Industria Azucarera	5000-7000	900-1300		8000-12000		50-100	0.3-3

Anexo 5. NOM 001 SEMARNAT 1996. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Anexo 5. NOM 001 SEMARNAT 1996. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES																				
PARAMETROS	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELOS			
	Uso en Riego Agrícola (A)		Uso Público Urbano (B)		Protección de Vida acuática (C)		Uso en Riego Agrícola (B)		Uso Público Urbano (C)		Explotación Pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (C)		Uso en riesgo agrícola (A)		Humedales naturales (B)	
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD
Temperatura (C)	NA	NA	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	NA	NA	40	40
Grasas y Aceites	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Solidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	NA	NA	1	2
Solidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	NA	NA	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5)	150	200	75	125	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	NA	NA	75	150
Nitrogeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	NA	NA	NA	NA	5	10	NA	NA	NA	NA
Fosforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	NA	NA	NA	NA	5	10	NA	NA	NA	NA

(*) Medidos de manera total.

P.D.= Promedio Diario P.M.= Promedio Mensual N.A.= No es aplicable (A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Fuente NOM 001 SEMARNAT 1996*

Anexo 6. Matriz A

			Temperatura (C)	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos (coliformes fecales) UMP/100 mL	Patogenos
A	INDUSTRIA QUÍMICA	Industria manufacturera de Baterías			210	14						0
B	INDUSTRIA QUÍMICA	Fabricación de Carbón			1200							0
C	TEXTIL Y BEBIDAS	Bebidas	25	5500	100	75			100		5466.7±1952.5	1500
D	TEXTIL Y BEBIDAS	Lácteos	25	1750	1500	650			75		66900	15000
E	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de frutas y vegetales	25	650	500						39000	15000
F	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de Granos	25	2337.5	1790.5		2686.5			49.25	3900	1500
G	TEXTIL Y BEBIDAS	Proceso de Carnes Primer Proceso	25	4700	2250	410			270	53.5	39,000.00	45,000.00
H	TEXTIL Y BEBIDAS	Proceso de Carnes Segundo y posteriores	25	3250	1380	980			48	63	39,000.00	45,000.00
I	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Primer Proceso	25	1900	870	415			72	16.5	39,000.00	45,000.00
J	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Procesos Posteriores	25	3300	1660	790			80	72	39,000.00	30,000.00
K	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Presentación	25	2000	3200	1600			180	38	39,000.00	30,000.00
L	OTROS	Componentes Electrónicos y Eléctricos	25	6.2	812.5	5					NA	
M	OTROS	Galvanoplastia	25		5000.05						NA	
N	OTROS	Explosivos	25	650	290		3625	491	246.5		NA	
O	OTROS	Manufacturera de Hierro y Acero	25		2515.5	20506.5	4986		838		NA	
P	OTROS	Rellenos Sanitarios	25	3800.5	8252	35	8367.5	2401		11.505	200	1500000
Q	OTROS	Cubierta de Bobinas	25		132	196				24.25	NA	
R	INDUSTRIA QUÍMICA	Peleterías	25	3150	4655	843	7700	1450	468		2600	

			Temperatura (C)	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos (coliformes fecales) UMP/100 mL	Patogenos
S	HIERRO Y ACERO	Forjado	25	3500	2500	15000	25000	8750	150		NA	
T	HIERRO Y ACERO	Chapado	25			300					NA	
U	HIERRO Y ACERO	Impresión de tableros	25			300					NA	
V	HIERRO Y ACERO	Productos de metal y Maquinarias	25	2000	1000	2300	11300	3400	600	170	NA	
W	HIERRO Y ACERO	Metales no férricos	25			2197.3					NA	
X	TEXTIL Y BEBIDAS	Químicos Orgánicos, Plásticos y Fibras Sintéticas	25	1253.5	3057.5	Presente	15635	2834			NA	
Y	INDUSTRIA QUÍMICA	Formulación de Pinturas	25	32890	74140	1721	175600	23750			NA	
Z	PETROLERA	Asfaltenos e Impermeabilizantes	25	10	6955.5	25					NA	
AA	OTROS	Farmacéutica	25	2360	708		5359				NA	
AB	OTROS	Esmaltados y porcelanatos	25		16305	48				4.69	NA	
AC	CELULOSA Y PAPEL	Pulpa y Papel	25				6000				11	
AD	INDUSTRIA QUÍMICA	Procesadoras de caucho	25	15.1	554	48.4	150.005				NA	
AE	INDUSTRIA QUÍMICA	Llantas e interiores de caucho	25	214.5	392.5	100.5	1425				NA	
AF	INDUSTRIA QUÍMICA	Caucho sintético	25	600	1100						NA	
AG	TEXTIL Y BEBIDAS	Algodón	25	600	1100						11	
AH	TEXTIL Y BEBIDAS	Lana	25	225	225		400				11	
AI	OTROS	Productos de Madera	25	2028	750	300	10950		2.085	1.65	NA	
AJ	OTROS	Combustión de desechos	25	5000.5	210.5		9506.5	2250.85		600.005	NA	
AK	AZUCARERA	Industria Azucarera	25	6000	1100		10000		75	1.65	1,870,000.00	15000

Anexo 7. Conformación de CAPEX y OPEX

Operaciones Unitarias		CAPEX		OPEX						TOTAL CAPEX	TOTAL OPEX
		Civil	Equipamiento	Electricidad	Químicos y medios	Personal op.	Personal mtmo.	Reemplazo	Disposición de solidos		
T. PRIMARIO	DBS	4,892.66	18,182.90	286.64	0.00	108,000.00	120,340.80	230.76	466.56	\$ 23,075.56	229,324.76
	SED	134,861.76	8,327.87	1,146.56	0.00	108,000.00	120,340.80	1,431.90	4,665.60	\$ 143,189.63	235,584.86
	FIL		34,851.51	731.72	497,387.52	108,000.00	120,340.80	348.52	933.12	\$ 34,851.51	727,741.67
	FLOT		70,155.71	1,146.56	0.00	108,000.00	120,340.80	701.56	2,332.80	\$ 70,155.71	232,521.72
	DAF		25,289.26	1,146.56	17,557.21	108,000.00	120,340.80	252.89	2,332.80	\$ 25,289.26	249,630.27
	FAI		45,661.16	1,146.56	0.00	108,000.00	120,340.80	456.61	2,332.80	\$ 45,661.16	232,276.77
	CG-FL		108,257.47	1,350.86	57,175.90	108,000.00	120,340.80	1,082.57	3,110.40	\$ 108,257.47	291,060.54
T. SECUNDARIO	TBA		108,516.67	24,202.89	0.00	108,000.00	120,340.80	1,085.17	233.28	\$ 108,516.67	253,862.14
	TBAN		178,122.24	781.75	0.00	108,000.00	120,340.80	1,781.22	233.28	\$ 178,122.24	231,137.05
	TANX		112,602.70	562.86	0.00	108,000.00	120,340.80	1,126.03	233.28	\$ 112,602.70	230,262.96
	TBN		178,122.24	14,008.91	34,017.86	108,000.00	120,340.80	1,781.22	233.28	\$ 178,122.24	278,382.08
	TBP		218,600.66	562.86	1,384.94	150,364.80	120,340.80	2,186.01	233.28	\$ 218,600.66	275,072.68
	OQ	111,456.00		675.43	60,606.14	150,364.80	120,340.80	1,114.56	233.28	\$ 111,456.00	333,335.01
	OH	-		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	\$ -	0.00
	OXAV	-		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	\$ -	0.00
	CG-FL		108,257.47	1,350.86	55,834.54	108,000.00	120,340.80	1,082.57	3,110.40	\$ 108,257.47	289,719.18
T. TERCARIO	PREC	111,456.00		1,500.95	1,999.21	108,000.00	120,340.80	1,114.56	9,331.20	\$ 111,456.00	242,286.72
	ELEC		280,500.00	45,240.00	0.00	150,364.80	150,364.80	2,805.00	9,331.20	\$ 280,500.00	358,105.80

		CAPEX		OPEX						TOTAL CAPEX	TOTAL OPEX
	IE		34,851.51	2,026.29	117,682.26	300,729.60	150,364.80	348.52	18,662.40	\$ 34,851.51	\$ 589,813.87
	ADS		133,270.27	2,026.29	133,747.20	108,000.00	120,340.80	1,332.70	933.12	\$ 133,270.27	\$ 366,380.11
	GAC		133,270.27	2,026.29	66,873.60	108,000.00	120,340.80	1,332.70	933.12	\$ 133,270.27	\$ 299,506.51
	CAP		133,270.27	2,026.29	434,779.49	108,000.00	120,340.80	1,332.70	933.12	\$ 133,270.27	\$ 667,412.40
	DESCLOR		38,672.64	562.86	4,232.97	108,000.00	120,340.80	386.73	9,331.20	\$ 38,672.64	\$ 242,854.56
	DESDIOX		47,222.99	675.43	5,650.23	108,000.00	120,340.80	472.23	9,331.20	\$ 47,222.99	\$ 244,469.89
	MF		263,500.00	17,425.94	1,887.52	150,364.80	150,364.80	2,635.00	933.12	\$ 263,500.00	\$ 323,611.18
	UF		205,700.00	27,017.18	1,887.52	150,364.80	150,364.80	2,057.00	933.12	\$ 205,700.00	\$ 332,624.42
	RO		203,177.08	42,674.20	1,887.52	150,364.80	150,364.80	2,031.77	933.12	\$ 203,177.08	\$ 348,256.21
	NF		205,700.00	24,396.32	1,887.52	150,364.80	150,364.80	2,057.00	933.12	\$ 205,700.00	\$ 330,003.56
	ED		280,500.00	19,700.03	1,887.52	150,364.80	150,364.80	2,805.00	933.12	\$ 280,500.00	\$ 326,055.26

Anexo 8. Resultados VPN @ 1 año, 5 años, 10 años, 15 años y 20 años

Operaciones Unitarias	CAPEX	OPEX ANUAL	VPN @ 1 Año	VPN @ 5 Años	VPN @ 10 Años	VPN @ 15 Años	VPN @ 20 Años
T. PRIMARIO							
DBS	23,075.56	229,324.76	234,211.67	\$1,003,835.22	\$1,810,677.65	\$2,473,843.31	\$3,018,917.15
SED	143,189.63	235,584.86	355,493.78	\$1,146,126.51	\$1,974,994.11	\$2,656,262.85	\$3,216,216.10
FIL	34,851.51	727,741.67	706,349.15	\$3,148,680.90	\$5,709,123.42	\$7,813,620.53	\$9,543,363.76
FLOT	70,155.71	232,521.72	282,436.82	\$1,062,789.52	\$1,880,879.95	\$2,553,290.65	\$3,105,963.24
DAF	25,289.26	249,630.27	255,113.81	\$1,092,883.52	\$1,971,167.64	\$2,693,053.16	\$3,286,390.44
FAI	45,661.16	232,276.77	258,657.89	\$1,038,188.55	\$1,855,417.18	\$2,527,119.54	\$3,079,209.92
CG-FL	108,257.47	291,060.54	373,195.55	\$1,350,006.98	\$2,374,056.87	\$3,215,751.22	\$3,907,562.63
T. SECUNDARIO							
TBA	108,516.67	253,862.14	339,052.77	\$1,191,024.82	\$2,084,198.11	\$2,818,321.44	\$3,421,717.31
TBAN	178,122.24	231,137.05	384,970.58	\$1,160,676.27	\$1,973,894.96	\$2,642,301.45	\$3,191,682.86
TANX	112,602.70	230,262.96	321,162.88	\$1,093,935.11	\$1,904,078.47	\$2,569,957.27	\$3,117,261.10
TBN	178,122.24	278,382.08	428,651.26	\$1,362,913.25	\$2,342,356.01	\$3,147,386.56	\$3,809,062.99
TBP	218,600.66	275,072.68	464,513.10	\$1,387,668.62	\$2,355,467.80	\$3,150,928.18	\$3,804,738.62
OQ	111,456.00	333,335.01	415,356.19	\$1,534,042.55	\$2,706,828.42	\$3,670,772.91	\$4,463,065.02
OH	0.00	0.00	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
OXAV	0.00	0.00	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
CG-FL	108,257.47	289,719.18	371,955.39	\$1,344,265.16	\$2,363,595.68	\$3,201,411.07	\$3,890,034.24
T. TERCARIO							
PREC	111,456.00	242,286.72	331,176.93	\$1,144,301.39	\$1,996,748.43	\$2,697,397.76	\$3,273,280.43
ELEC	280,500.00	358,105.80	600,800.48	\$1,802,618.65	\$3,062,556.56	\$4,098,133.68	\$4,949,302.58
IE	34,851.51	589,813.87	578,827.15	\$2,558,267.37	\$4,633,433.01	\$6,339,067.90	\$7,740,975.45
ADS	133,270.27	366,380.11	466,883.50	\$1,696,470.61	\$2,985,520.36	\$4,045,025.29	\$4,915,861.11
GAC	133,270.27	299,506.51	405,055.10	\$1,410,211.58	\$2,463,977.28	\$3,330,095.87	\$4,041,982.22
CAP	133,270.27	667,412.40	745,204.77	\$2,985,068.94	\$5,333,252.58	\$7,263,288.37	\$8,849,637.10
DESCLOR	38,672.64	242,854.56	261,717.92	\$1,076,748.05	\$1,931,192.92	\$2,633,484.31	\$3,210,716.64
DESDIOX	47,222.99	244,469.89	271,432.87	\$1,091,884.13	\$1,952,012.28	\$2,658,974.92	\$3,240,046.68
MF	263,500.00	323,611.18	552,562.11	\$1,638,614.88	\$2,777,188.99	\$3,713,013.91	\$4,482,193.78
UF	205,700.00	332,624.42	505,318.43	\$1,621,620.01	\$2,791,905.76	\$3,753,795.34	\$4,544,398.46
RO	203,177.08	348,256.21	517,345.02	\$1,686,107.54	\$2,911,391.23	\$3,918,485.10	\$4,746,242.86
NF	205,700.00	330,003.56	502,895.30	\$1,610,401.16	\$2,771,465.82	\$3,725,776.34	\$4,510,150.03
ED	280,500.00	326,055.26	571,167.96	\$1,665,423.18	\$2,812,596.41	\$3,755,489.19	\$4,530,478.32

Anexo 9. Matriz N

Temperatura (C)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5)	Sólidos Suspendidos Totales	Grasas y Aceites	Nitrógeno Total	Fosforo Total	Patogenos	Materia Flotante	Sólidos Sedimentables (ml/l)
NA	150	150	15	40	20	<1000	ausente	1
NA	200	200	25	60	30	<1000	ausente	2
40	75	75	15	40	20	<1000	ausente	1
40	125	125	25	60	30	<1000	ausente	2
40	30	40	15	15	5	<1000	ausente	1
40	60	60	25	25	10	<1000	ausente	2
40	75	75	15	40	20	<1000	ausente	1
40	150	125	25	60	30	<1000	ausente	2
40	30	40	15	15	5	<1000	ausente	1
40	60	60	25	25	10	<1000	ausente	2
40	150	150	15	NA	NA	<1000	ausente	1
40	200	200	25	NA	NA	<1000	ausente	2
40	75	75	15	NA	NA	<1000	ausente	1
40	150	125	25	NA	NA	<1000	ausente	2
40	75	75	15	5	5	<1000	ausente	1
40	150	125	25	10	10	<1000	ausente	2
NA	NA	NA	15	NA	NA	<1000	ausente	NA
NA	NA	NA	25	NA	NA	<1000	ausente	NA
40	75	75	15	NA	NA	<1000	ausente	1
40	150	125	25	NA	NA	<1000	ausente	2

Anexo 10. Matriz de Resultados Finales.

			Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
A	INDUSTRIA QUÍMICA	Industria manufacturera de Baterías	0	0	210	14	0	0	0	0	0					
		DBS + FAI	0	0	75.6	0.4	0	0	0	0	0	492658	2042024	3666095	5000963	6098127
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0	4.54	0.00183	0	0	0	0	0	1827316	7633595	13720443	18723388	22835444
		DBS + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	0	5.04	0.00306	0	0	0	0	0	1851095	7658196	13745906	18749559	22862197
		DBS + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0	4.54	0.00183	0	0	0	0	0	1854639	7603501	13630155	18583625	22655017
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	2.27	9.17E-05	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0	2.72	0.00147	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	0	3.02	0.00244	0	0	0	0	0	2206095	8804323	15720900	21405822	26078413
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0	3.4	0.000244	0	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0	2.72	0.00147	0	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	4.54	0.000244	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	1.36	7.33E-05	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
B	INDUSTRIA QUÍMICA	Fabricación de Carbón	0	0	1200	0	0	0	0	0	0					
		DBS + FLOT + DAF + FAI	0	0	108	0	0	0	0	0	0	1030209	4197697	7518142	10247307	12490481
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0	25.9	0	0	0	0	0	0	1827316	7633595	13720443	18723388	22835444
		DBS + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	0	28.8	0	0	0	0	0	0	1851095	7658196	13745906	18749559	22862197
		DBS + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0	25.9	0	0	0	0	0	0	1854639	7603501	13630155	18583625	22655017
		DBS + FIL + FLOT + DAF +	0	0	13	0	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407

			T _{emp}	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		Fls														
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.62	0.00532	5.01E-05	0	0	0.43	0	0.557	4484066	15768356	27597613	37320400	45311822
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	1.2	0.00168	1.58E-05	0	0	0.448	0	0.322	4725902	17529368	30951268	41983092	51050447
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.14	0.0016	0.000015	0	0	0.425	0	0.306	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
D	TEXTIL Y BEBIDAS	Lácteos	0	1750	1500	650	0	0	75	0	15000					
		DBS + FLOT + FAI + OQ	0	143.3	54	0.8	0	0	14.3	0	727.6	1190451	4638856	8253803	11225026	13667155
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.688	0.0798	0.00326	0	0	0.325	0	4.61	4552979	16708121	29450862	39924467	48533006
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.688	0.133	0.000543	0	0	0.325	0	5.86	4129066	14622230	25622619	34664137	42095606
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.737	0.16	0.00869	0	0	0.325	0	7.96	4201629	14705567	25716733	34767109	42205858
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.482	0.0399	0.000163	0	0	0.322	0	3.22	4835415	17770910	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.516	0.0479	0.00261	0	0	0.322	0	4.38	4907979	17854247	31425856	42580729	51749222
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.556	0.0479	0.00261	0	0	0.325	0	4.38	4935302	17824153	31335569	42440967	51568795
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ +	0	0.516	0.0798	0.000435	0	0	0.322	0	5.57	4484066	15768356	27597613	37320400	45311822

			T _{emp}	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		CG-FLs														
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.361	0.0239	0.00013	0	0	0.319	0	3.06	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
E	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de frutas y vegetales	0	650	500	0	0	0	0	0	15000					
		DBS + TANX + OQ	0	105.3	72	0	0	0	0	0	519.7	970519	3631813	6421585	8714573	10599243
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	0.209	0.0156	0	0	0	0	0	3.57	3942251	15020329	26633918	36179443	44025168
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	0.188	0.014	0	0	0	0	0	3.39	4370902	16383242	28976274	39326829	47834231
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.199	0.0148	0	0	0	0	0	3.39	4406764	16407997	28989386	39330371	47829906
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.179	0.0133	0	0	0	0	0	3.22	4835415	17770910	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.224	0.0199	0	0	0	0	0	3.6	4817220	17567030	30932679	41918269	50947623
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	0.157	0.00933	0	0	0	0	0	3.39	4297251	16166455	28608912	38835705	47241384
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	0.141	0.0084	0	0	0	0	0	3.22	4725902	17529368	30951268	41983092	51050447
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.149	0.00886	0	0	0	0	0	3.22	4761764	17554124	30964380	41986634	51046122
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA +	0	0.134	0.00798	0	0	0	0	0	3.06	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs														
F	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesos de Granos	0	2337.5	1790.5	0	2686.5	0	0	49.25	1500					
		DBS + TBA + OQ	0	42.1	28.6	0	7.3	0	0	8.8	52	988409	3728903	6601704	8962938	10903699
		DBS + SED + FIL + FAI + TBA + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	4.91	0.794	0	0.847	0	0	9.75	6	3573536	13156746	23202658	31459666	38246325
		DBS + SED + FIL + DAF + CG-FL + TBA + TBN + OQ	0	7.75	0.928	0	1.34	0	0	9.75	15.4	3106719	11829514	20973402	28489012	34666295
		DBS + SED + FIL + DAF + CG-FL + TBA + TANX + TBN + TBP + CG-FLs	0	13.3	1.59	0	45.7	0	0	4.88	17.9	3848994	14121340	24889716	33740536	41015264
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.24	0.159	0	0.16	0	0	8.78	0.515	4558562	16528841	29077262	39391149	47868413
		DBS + SED + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP	0	14.7	2.65	0	38.1	0	0	8.78	23.9	3012990	10434252	18213665	24607776	29863269
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBAN + TBP + OQ + CG-FLs	0	8.51	0.705	0	0.367	0	0	8.78	3.76	3819112	14206374	25095224	34045064	41401181
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBAN + TBP + OQ + CG-FLs	0	9.17	0.705	0	0.395	0	0	8.78	3.76	3846435	14176280	25004936	33905302	41220754
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBP + CG-FLs	0	10.6	1.47	0	36.7	0	0	8.78	47.9	2933925	10616789	18670455	25289981	30730750
G	TEXTIL Y BEBIDAS	Proceso de Carnes Primer Proceso	0	4700	2250	410	0	0	270	53.5	45000					
		DBS + FAI + TBA + TANX + OQ	0	49.5	14.6	3.1	0	0	9.9	8.3	382	1568230	5861026	10361200	14060014	17100170
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	29.1	2.33	0.0184	0	0	6.76	5.3	48.9	3326345	12587235	22295240	30274513	36832894
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + TBA + TBAN + TANX + OQ	0	7.28	0.525	0.0202	0	0	9.08	9.53	48.9	3296986	12379299	21900092	29725490	36157396
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ	0	62.2	4.49	0.0332	0	0	1.82	9.53	126	3851098	13938856	24513718	33205483	40349481

			Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + SED + FLOT + DAF + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	2.37	0.295	0.00962	0	0	5.98	9.53	25.1	3796757	13367254	23399840	31645894	38423549
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	3.65	0.189	0.00315	0	0	1.29	9.53	39.5	4058495	15305903	27096494	36787500	44752801
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ	0	3.85	0.332	0.000962	0	0	8.28	9.53	50.3	3683460	13061178	22891661	30971602	37612724
H	TEXTIL Y BEBIDAS	Proceso de Carnes Segundo y posteriores	0	3250	1380	980	0	0	48	63	45000					
		DBS + FLOT + FAI + TBAN + OQ	0	106.5	19.9	0.7	0	0	8.7	10.8	764	1575421	5799532	10227698	13867328	16858838
		DBS + SED + FIL + FAI + CG-FL + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	38.8	2.32	0.274	0	0	0.245	6.24	161	3464328	13021994	23041128	31276125	31276125
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.15	0.0544	0.0069	0	0	1.05	6.24	13.8	4503106	16515935	29108963	39459514	47966912
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + OQ + CG-FLs	0	36.3	1.79	0.00436	0	0	6.14	2.49	279	2878869	11370812	20272684	27589374	33603160
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP	0	14	0.688	0.00257	0	0	1.5	5.61	309	4029908	14688722	25862255	35046085	42594523
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBP + OQ + CG-FLs	0	20.7	0.68	0.00124	0	0	5.65	5.61	226	3716578	14108488	25002209	33956053	41315461
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.86	0.0612	0.00065	0	0	1.07	2.25	75	4484282	16662426	29428763	39921761	48546241
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	7.46	0.245	0.000376	0	0	1.07	5.61	27.6	4422711	16363099	28880182	39168312	47624405

			Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
I	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Primer Proceso	0	1900	870	415	0	0	72	16.5	45000					
		DBS + FLOT + FAI + TANX + OQ	0	140	28.2	0.3	0	0	2.7	2.8	764	1511614	5732791	10157882	13794984	16784416
		DBS + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	2.95	0.802	5.12	0	0	1.75	8.17	56.8	2439693	8677786	15217330	20592359	25010240
		DBS + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	2.66	0.722	4.87	0	0	0.349	3.27	54	2868345	10040699	17559686	23739745	28819303
		DBS + SED + FLOT + DAF + CG-FL + TANX + OQ + CG-FLs	0	25.2	3.01	0.0339	0	0	1.86	3.27	216	2608221	9627885	16986279	23034342	28005410
		DBS + SED + FLOT + DAF + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + CG-FLs	0	4.31	0.514	0.0109	0	0	1.59	1.63	239	3810052	13196125	23035367	31122507	37769547
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + TBA + TBAN + TBN + TBP + OQ	0	2.59	0.321	0.0056	0	0	2.28	7.35	160	3417752	11980149	20955882	28333280	34396964
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL + TBAN + TBP + OQ	0	18.6	0.952	0.0322	0	0	11.9	2.94	322	3470935	12886710	22757091	30869824	37537900
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL + TBA + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	1.59	0.0812	0.00531	0	0	0.35	2.94	39.5	4082274	15330504	27121956	36813671	44779554
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + TBA + TBAN + OQ + CG-FLs	0	0.85	0.0451	0.000559	0	0	8.31	7.35	34.2	3602893	13722513	24330777	33049997	40216560
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBAN + OQ	0	19.6	0.902	0.0203	0	0	12.4	2.94	339	3009966	11444346	20285873	27552962	33525981
J	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Procesos Posteriores	0	3300	1660	790	0	0	80	72	30000					
		DBS + FAI + TBA + OQ	0	38.6	12	10.7	0	0	14.6	12.4	727.6	1247067	4767091	8457121	11490057	13982909

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBN + OQ + CG-FLs	0	4.09	0.258	0.0138	0	0	1.94	7.13	79.2	3409655	13035747	23127133	31421517	38238896
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + TBP + OQ	0	2.7	0.147	0.0192	0	0	2.45	7.13	71.5	4214860	15416047	27158182	36809361	44741927
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.2	0.0654	0.00606	0	0	8.59	2.85	26.3	4158164	15397399	27179422	36863386	44822898
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	2.7	0.147	0.0105	0	0	1.81	6.42	71.5	4201845	15599636	27547883	37368471	45440278
K	TEXTIL Y BEBIDAS	Procesadoras de Aves Presentación	0	2000	3200	1600	0	0	180	38	30000					
		DBS + FAI + OQ + CG-FLs	0	93.6	92.2	11.9	0	0	24.2	3.6	727.6	1279969	4920331	8736519	11873147	14451226
		DBS + FIL + FLOT + DAF + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + CG-FLs	0	4.71	1.05	0.0166	0	0	19.9	7.52	97	3732750	13835766	24427141	33132478	40287631
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	29.4	7.88	0.214	0	0	4.51	7.52	240	3513376	13083205	23115091	31360569	38137752
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + CG-FLs	0	5.29	1.42	0.0419	0	0	4.07	3.76	103	4143206	14994799	26370434	35720376	43405348
		DBS + SED + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	2.52	0.946	0.0707	0	0	4.15	6.77	130	3522819	12420861	21748472	29415088	35716487
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL + TBAN + TANX + TBP + OQ	0	17.6	3.15	0.0682	0	0	5.93	6.77	75.2	3792098	13980645	24661169	33439782	40655161
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBN + OQ + CG-FLs	0	1.86	0.299	0.0223	0	0	4.33	6.77	75.2	3764655	14181873	25102127	34077780	41455112
L	OTROS	Componentes Electrónicos y Eléctricos	0	6.2	812.5	5	0	0	0	0	0					

			T _{emp}	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + FLOT + FAI	0	2.5	146.2	0	0	0	0	0	0	775095	3104813	5546975	7554254	9204090
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0.99	17.6	0.000655	0	0	0	0	0	1827316	7633595	13720443	18723388	22835444
		DBS + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	1.07	19.5	0.00109	0	0	0	0	0	1851095	7658196	13745906	18749559	22862197
		DBS + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	1.07	17.6	0.000655	0	0	0	0	0	1854639	7603501	13630155	18583625	22655017
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0.693	8.78	3.27E-05	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0.743	10.5	0.000524	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	0.8	11.7	0.000873	0	0	0	0	0	2206095	8804323	15720900	21405822	26078413
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0.866	13.2	8.73E-05	0	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0.8	10.5	0.000524	0	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0.743	17.5	8.73E-05	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0.52	5.27	2.62E-05	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
M	OTROS	Galvanoplastia	0	0	5000.05	0	0	0	0	0	0					
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	108	0	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	54	0	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0	64.8	0	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	0	72	0	0	0	0	0	0	2206095	8804323	15720900	21405822	26078413
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0	64.8	0	0	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	32.4	0	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
N	OTROS	Explosivos	0	650	290	0	3625	491	246.5	0	0					
		DBS + TANX + OQ	0	105.3	41.8	0	29.4	4	9.8	0	0	970519	3631813	6421585	8714573	10599243
		DBS + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.365	0.0514	0	0.229	0.031	1.08	0	0	3846629	13559440	23741739	32110846	38989642
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN +	0	0.256	0.0154	0	0.16	0.0217	1.07	0	0	4552979	16708121	29450862	39924467	48533006

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceite s (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/ L)	P (mg/ L)	Patoge nos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20	
		TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs															
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.256	0.0257	0	0.16	0.0217	1.0 7	0	0	4129066	1462223 0	25622619	34664137	42095606	
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.274	0.0308	0	0.172	0.0233	1.0 7	0	0	4201629	1470556 7	25716733	34767109	42205858	
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.179	0.0077 1	0	0.112	0.0152	1.0 6	0	0	4835415	1777091 0	31331742	42477757	51638969	
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.192	0.0092 5	0	0.12	0.0163	1.0 6	0	0	4907979	1785424 7	31425856	42580729	51749222	
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.206	0.0092 5	0	0.13	0.0175	1.0 7	0	0	4935302	1782415 3	31335569	42440967	51568795	
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.192	0.0154	0	0.12	0.0163	1.0 6	0	0	4484066	1576835 6	27597613	37320400	45311822	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.134	0.0046 3	0	0.084 2	0.0114	1.0 5	0	0	5190415	1891703 7	33306736	45134020	54855185	
O	OTROS	Manufacturera de Hierro y Acero	0	0	2515.5	20506. 5	4986	0	838	0	0						
		DBS + FLOT + FAI + TANX + OQ	0	0	81.5	13.9	18.4	0	31. 9	0	0	1511614	5732791	10157882	13794984	16784416	
		DBS + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.446	0.343	0.315	0	3.6 7	0	0	3846629	1355944 0	23741739	32110846	38989642	
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.134	0.103	0.221	0	3.6 4	0	0	4552979	1670812 1	29450862	39924467	48533006	
		DBS + FLOT + DAF + FAI +	0	0	0.223	0.0171	0.221	0	3.6	0	0	4129066	1462223	25622619	34664137	42095606	

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs							4				0			
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.268	0.274	0.236	0	3.64	0	0	4201629	14705567	25716733	34767109	42205858
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.0669	0.00514	0.154	0	3.6	0	0	4835415	17770910	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.0803	0.0823	0.165	0	3.6	0	0	4907979	17854247	31425856	42580729	51749222
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.0803	0.0823	0.178	0	3.64	0	0	4935302	17824153	31335569	42440967	51568795
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.134	0.0137	0.165	0	3.6	0	0	4484066	15768356	27597613	37320400	45311822
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0	0.0401	0.00411	0.116	0	3.56	0	0	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
P	OTROS	Rellenos Sanitarios	0	3800.5	8252	35	8367.5	2401	0	11.505	150000					
		DBS + FLOT + DAF + FAI + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	2.9	2.1	0	0.7	0.2	0	0.8	764.4	2862706	10521641	18550738	25150071	30574241
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	1.57	0.462	0.000185	0.39	0.112	0	5.69	4.85	4088465	15320452	27095394	36773538	44728267
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.66	0.488	0.000185	0.411	0.118	0	2.28	485	4124327	15345208	27108506	36777080	44723943
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	1.27	0.277	0.000148	0.315	0.0903	0	2.28	461	4470788	16436485	28980101	39290039	47764056
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-	0	1.34	0.293	0.000148	0.332	0.0953	0	1.14	461	4506650	16461240	28993213	39293580	47759732

			T _{emp}	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		FLs														
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.21	0.263	0.00014	0.299	0.0858	0	5.13	438	4935302	17824153	31335569	42440967	51568795
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	0.918	0.154	7.78E-06	0.227	0.0652	0	2.05	339	4297251	16166455	28608912	38835705	47241384
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	0.826	0.139	7.39E-06	0.205	0.0587	0	9.23	322	4725902	17529368	30951268	41983092	51050447
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.872	0.146	7.39E-06	0.216	0.062	0	2.05	322	4761764	17554124	30964380	41986634	51046122
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.785	0.132	7.02E-06	0.194	0.0558	0	5.13	306	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
Q	OTROS	Cubierta de Bobinas	0	0	132	196	0	0	0	24.25	0					
		DBS + FAI + TBP	0	0	45.1	5.4	0	0	0	4.7	0	957171	3429692	6021563	8151891	9902866
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBP + OQ	0	0	0.108	0.0304	0	0	0	4.8	0	2694889	9743777	17132808	23206053	28197817
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + TBA + TANX + TBP	0	0	0.609	0.00328	0	0	0	4.8	0	2509937	9016452	15836881	21442776	26050414
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBP + OQ	0	0	0.271	0.00104	0	0	0	2.4	0	2989623	11618096	20663619	28098380	34209211
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL + TBA + TBP + CG-FLs	0	0	0.0722	0.00536	0	0	0	4.32	0	3381617	12727281	22524161	30576482	37194904
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + TBP	0	0	0.065	0.00934	0	0	0	4.32	0	3823283	13906606	24476817	33164759	40305615
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + TBAN + TANX + TBN + CG-FLs	0	0	0.277	0.000295	0	0	0	4.32	0	3598298	13454294	23786185	32278246	39258102
R	INDUSTRIA QUÍMICA	Peleterias	0	3150	4655	843	7700	1450	468	0	0					

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceite s (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/ L)	P (mg/ L)	Patoge nos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + FAI + TBAN + TANX + OQ	0	132.7	120.7	6.3	12.2	2.3	17.1	0	0	1614148	5830678	10250897	13883994	16870136
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.24	0.248	0.00423	0.341	0.0642	2.03	0	0	4552979	16708121	29450862	39924467	48533006
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.24	0.413	0.000704	0.341	0.0642	2.03	0	0	4129066	14622230	25622619	34664137	42095606
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.33	0.495	0.0113	0.365	0.0687	2.03	0	0	4201629	14705567	25716733	34767109	42205858
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.867	0.124	0.000211	0.238	0.0449	2.01	0	0	4835415	17770910	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.929	0.149	0.00338	0.255	0.0481	2.01	0	0	4907979	17854247	31425856	42580729	51749222
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1	0.149	0.00338	0.275	0.0518	2.03	0	0	4935302	17824153	31335569	42440967	51568795
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.929	0.248	0.000564	0.255	0.0481	2.01	0	0	4484066	15768356	27597613	37320400	45311822
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.65	0.0743	0.000169	0.179	0.0337	1.99	0	0	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
S	HIERRO Y ACERO	Forjado	0	3500	2500	15000	25000	8750	150	0	0					
		DBS + FLOT + FAI + TBAN + OQ	0	114.7	36	10.2	30.7	10.7	27.1	0	0	1575421	5799532	10227698	13867328	16858838
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.38	0.133	0.0752	1.11	0.387	0.651	0	0	4552979	16708121	29450862	39924467	48533006
		DBS + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ +	0	1.48	0.133	0.0752	1.19	0.417	0.658	0	0	4580302	16678027	29360575	39784704	48352579

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceite s (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/ L)	P (mg/ L)	Patoge nos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		CG-FLs														
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.38	0.222	0.0125	1.11	0.387	0.651	0	0	4129066	14622230	25622619	34664137	42095606
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.47	0.266	0.201	1.19	0.415	0.651	0	0	4201629	14705567	25716733	34767109	42205858
		DBS + SED + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.59	0.266	0.201	1.28	0.447	0.658	0	0	4228952	14675473	25626445	34627346	42025431
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.963	0.0665	0.00376	0.774	0.271	0.644	0	0	4835415	17770910	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.03	0.0798	0.0602	0.83	0.29	0.644	0	0	4907979	17854247	31425856	42580729	51749222
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.11	0.0798	0.0602	0.893	0.313	0.651	0	0	4935302	17824153	31335569	42440967	51568795
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	1.03	0.133	0.01	0.83	0.29	0.644	0	0	4484066	15768356	27597613	37320400	45311822
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.723	0.0399	0.00301	0.581	0.203	0.638	0	0	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
T	HIERRO Y ACERO	Chapado	0	0	0	300	0	0	0	0	0					
		DBS + FAI	0	0	0	8.7	0	0	0	0	0	492658	2042024	3666095	5000963	6098127
		DBS + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.0218	0	0	0	0	0	1030209	4197697	7518142	10247307	12490481
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.00655	0	0	0	0	0	1736558	7346378	13227266	18060927	22033845
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00655	0	0	0	0	0	1403404	5547704	9892199	13463058	16398043
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.0175	0	0	0	0	0	1385209	5343823	9493137	12903570	15706697

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00196	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.0314	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.00524	0	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0	0	0.0314	0	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00524	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00157	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
U	HIERRO Y ACERO	Impresión de tableros	0	0	0	300	0	0	0	0	0					
		DBS + FAI	0	0	0	8.7	0	0	0	0	0	492658	2042024	3666095	5000963	6098127
		DBS + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.0218	0	0	0	0	0	1030209	4197697	7518142	10247307	10247307
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.00655	0	0	0	0	0	1736558	7346378	13227266	18060927	22033845
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00655	0	0	0	0	0	1403404	5547704	9892199	13463058	16398043
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.0175	0	0	0	0	0	1385209	5343823	9493137	12903570	15706697
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00196	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.0314	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.00524	0	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0	0	0.0314	0	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00524	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.00157	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
V	HIERRO Y ACERO	Productos de metal y Maquinarias	0	2000	1000	2300	11300	3400	600	170	0					
		DBS + FAI + TANX + OQ +	0	84.2	25.9	9.4	23.8	7.2	16.	14.7	0	1601132	6014267	10640597	14443104	17568487

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		CG-FLs							1							
		DBS + SED + FLOT + FAI + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	42	7.39	0.357	11.9	3.57	15	6.73	0	2703082	9610851	16851939	22803586	27695405
		DBS + SED + FIL + DAF + CG-FL + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ	0	22.7	1.77	1.86	4.81	1.45	4	6.06	0	3938313	14280769	25122645	34033877	41358261
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ	0	1.72	0.0997	0.00513	1.09	0.329	3.76	6.06	0	4445264	16222765	28569084	38716858	47057589
W	HIERRO Y ACERO	Metales no férricos	0	0	0	2197.3	0	0	0	0	0					
		DBS + FLOT + FAI	0	0	0	3.2	0	0	0	0	0	775095	3104813	5546975	7554254	9204090
		DBS + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0	1030209	4197697	7518142	10247307	12490481
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.048	0	0	0	0	0	1736558	7346378	13227266	18060927	22033845
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.048	0	0	0	0	0	1403404	5547704	9892199	13463058	16398043
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.128	0	0	0	0	0	1385209	5343823	9493137	12903570	15706697
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.0144	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.23	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	0	0	0.0384	0	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	0	0	0.23	0	0	0	0	0	2209639	8749628	8749628	21239888	25871233
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.0384	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0.0115	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
X	TEXTIL Y BEBIDAS	Químicos Orgánicos, Plásticos y Fibras Sintéticas	0	1253.5	3057.5	0	15635	2834	0	0	0					
		DBS + TBA + OQ	0	22.6	48.9	0	42.2	7.7	0	0	0	988409	3728903	6601704	8962938	10903699
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-	0	0.363	0.0856	0	0.51	0.0924	0	0	0	4370902	16383242	28976274	39326829	47834231

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceite s (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/ L)	P (mg/ L)	Patoge nos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		FLs														
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.345	0.0813	0	0.484	0.0878	0	0	0	4835415	17770910	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + OQ + CG-FLs	0	0.336	0.0634	0	0.472	0.0855	0	0	0	3976088	15072520	26704834	36265748	44124123
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	0.303	0.0571	0	0.425	0.077	0	0	0	4297251	16166455	28608912	38835705	47241384
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + OQ + CG-FLs	0	0.303	0.0571	0	0.425	0.077	0	0	0	4404739	16435433	29047190	39413135	47933186
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.32	0.0602	0	0.448	0.0813	0	0	0	4440601	16460189	29060302	39416676	47928861
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	0.272	0.0514	0	0.382	0.0693	0	0	0	4725902	17529368	30951268	41983092	51050447
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.288	0.0542	0	0.404	0.0731	0	0	0	4761764	17554124	30964380	41986634	51046122
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.288	0.0542	0	0.404	0.0731	0	0	0	4869253	17823102	31402658	42564063	51737924
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.259	0.0488	0	0.363	0.0658	0	0	0	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
Y	INDUSTRIA QUÍMICA	Formulación de Pinturas	0	32890	74140	1721	175600	23750	0	0	0					
		DBS + FLOT + FAI + TBA + TBAN + OQ	0	107.7	106.8	0.6	64.7	8.8	0	0	0	1914474	6990557	12311896	16685649	20280555
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	9.53	2.08	0.000454	5.72	0.774	0	0	0	4370902	16383242	28976274	39326829	47834231

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceite s (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/ L)	P (mg/ L)	Patoge nos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	9.05	1.97	0.0004 31	5.44	0.736	0	0	0	4835415	1777091 0	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + OQ + CG-FLs	0	8.82	1.54	0.0006 95	5.3	0.717	0	0	0	3976088	1507252 0	26704834	36265748	44124123
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG- FLs	0	7.94	1.38	0.0003 82	4.77	0.645	0	0	0	4297251	1616645 5	28608912	38835705	47241384
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + OQ + CG-FLs	0	7.94	1.38	0.0006 61	4.77	0.645	0	0	0	4404739	1643543 3	29047190	39413135	47933186
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBP + OQ + CG-FLs	0	8.38	1.46	0.0006 61	5.04	0.681	0	0	0	4440601	1646018 9	29060302	39416676	47928861
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	7.15	1.25	0.0003 63	4.29	0.581	0	0	0	4725902	1752936 8	30951268	41983092	51050447
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	7.54	1.31	0.0003 63	4.53	0.613	0	0	0	4761764	1755412 4	30964380	41986634	51046122
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.288	0.0542	0	0.404	0.0731	0	0	0	4869253	1782310 2	31402658	42564063	51737924
Z	PETROLER A	Asfaltenos e Impermeabilizantes	0	10	6955.5	25	0	0	0	0	0					
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	1.4	112.7	0	0	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0.838	45.1	0.0001 31	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
A A	OTROS	Farmacéutica	0	2360	708	0	5359	0	0	0	0					
		DBS + FAI + TBA	0	138.1	25.5	0	940.5	0	0	0	0	831711	3233049	5750293	7819284	9519844
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-	0	0.684	0.0198	0	0.175	0	0	0	0	4370902	1638324 2	28976274	39326829	47834231

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		FLs														
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.65	0.0188	0	0.166	0	0	0	0	4835415	17770910	31331742	42477757	51638969
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + OQ + CG-FLs	0	0.633	0.0147	0	0.162	0	0	0	0	3976088	15072520	26704834	36265748	44124123
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + OQ + CG-FLs	0	0.57	0.0132	0	0.146	0	0	0	0	4297251	16166455	28608912	38835705	47241384
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + OQ + CG-FLs	0	0.57	0.0132	0	0.146	0	0	0	0	4404739	16435433	29047190	39413135	47933186
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.602	0.0139	0	0.154	0	0	0	0	4440601	16460189	29060302	39416676	47928861
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	0.513	0.0119	0	0.131	0	0	0	0	4725902	17529368	30951268	41983092	51050447
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.541	0.0126	0	0.138	0	0	0	0	4761764	17554124	30964380	41986634	51046122
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.541	0.0126	0	0.138	0	0	0	0	4869253	17823102	31402658	42564063	51737924
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ + CG-FLs	0	0.487	0.0113	0	0.124	0	0	0	0	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185
A B	OTROS	Esmaltados y porcelanatos	0	0	16305	48	0	0	0	4.69	0					
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	105.7	0	0	0	0	4.2	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
A C	CELULOSA Y PAPEL	Pulpa y Papel	0	0	0	0	6000	0	0	0	0					
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	0	0	0	958.2	0	0	0	0	1403404	5547704	9892199	13463058	16398043

			Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
A	INDUSTRIA QUÍMICA	Procesadoras de caucho	0	15.1	554	48.4	150.005	0	0	0	0					
		DBS + FLOT + FAI	0	6.2	99.7	0.1	61.4	0	0	0	0	775095	3104813	5546975	7554254	9204090
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	2.41	12	0.00634	24	0	0	0	0	1827316	7633595	13720443	18723388	22835444
		DBS + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	2.6	13.3	0.0106	25.8	0	0	0	0	1851095	7658196	13745906	18749559	22862197
		DBS + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	2.6	12	0.00634	25.8	0	0	0	0	1854639	7603501	13630155	18583625	22655017
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	1.69	5.98	0.000317	16.8	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	1.81	7.18	0.00507	18	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	1.95	7.98	0.00845	19.3	0	0	0	0	2206095	8804323	15720900	21405822	26078413
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	2.11	8.97	0.000845	21	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	1.95	7.18	0.00507	19.3	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	1.81	12	0.000845	18	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	1.27	3.59	0.000254	12.6	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
A	INDUSTRIA QUÍMICA	Llantas e interiores de caucho	0	214.5	392.5	100.5	1425	0	0	0	0					
		DBS + FAI	0	125.5	141.3	2.9	833.6	0	0	0	0	492658	2042024	3666095	5000963	6098127
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	34.3	8.48	0.0132	228	0	0	0	0	1827316	7633595	13720443	18723388	22835444
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	34.3	14.1	0.00219	228	0	0	0	0	1403404	5547704	9892199	13463058	16398043
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL	0	36.7	17	0.0351	244	0	0	0	0	1475967	5631041	9986313	13566030	16508296
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	24	4.24	0.000658	159	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	25.7	5.09	0.0105	171	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	27.7	5.65	0.0175	184	0	0	0	0	2206095	8804323	15720900	21405822	26078413

			Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	30	6.36	0.00175	199	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	27.7	5.09	0.0105	184	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	25.7	8.48	0.00175	171	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	18	2.54	0.000526	119	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
A F	INDUSTRIA QUÍMICA	Caucho sintético	0	600	1100	0	0	0	0	0	0					
		DBS + FLOT + FAI + CG-FL	0	147.4	79.2	0	0	0	0	0	0	1148290	4454820	7921032	10770005	13111653
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	67.1	11.9	0	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	71.9	14.3	0	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	71.9	23.8	0	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	50.3	7.13	0	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
A G	TEXTIL Y BEBIDAS	Algodón	0	600	1100	0	0	0	0	0	0					
		DBS + FLOT + FAI + CG-FL	0	147.4	79.2	0	0	0	0	0	0	1148290	4454820	7921032	10770005	13111653
		DBS + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	67.1	11.9	0	0	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	71.9	14.3	0	0	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	71.9	23.8	0	0	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	50.3	7.13	0	0	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623
A H	TEXTIL Y BEBIDAS	Lana	0	225	225	0	400	0	0	0	0					
		DBS + FAI	0	131.6	81	0	234	0	0	0	0	492658	2042024	3666095	5000963	6098127
		DBS + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	35.9	4.86	0	63.9	0	0	0	0	1827316	7633595	13720443	18723388	22835444
		DBS + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	35.9	8.1	0	63.9	0	0	0	0	1403404	5547704	9892199	13463058	16398043
		DBS + SED + DAF + FAI + CG-FL	0	38.5	9.72	0	68.4	0	0	0	0	1475967	5631041	9986313	13566030	16508296
		DBS + FIL + FLOT + DAF +	0	25.2	2.43	0	44.7	0	0	0	0	2109753	8696385	15601323	21276678	25941407

			Tem p	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceite s (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/ L)	P (mg/ L)	Patoge nos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20	
		FAI + CG-FL															
		DBS + SED + FIL + DAF + FAI + CG-FL	0	27	2.92	0	47.9	0	0	0	0	2182316	8779722	15695437	21379651	26051660	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + CG-FL	0	29	3.24	0	51.6	0	0	0	0	2206095	8804323	15720900	21405822	26078413	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI	0	31.4	3.65	0	55.9	0	0	0	0	2091558	8492504	15202260	20717190	25250061	
		DBS + SED + FIL + FLOT + FAI + CG-FL	0	29	2.92	0	51.6	0	0	0	0	2209639	8749628	15605149	21239888	25871233	
		DBS + SED + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	27	4.86	0	47.9	0	0	0	0	1758404	6693830	11867193	16119321	19614259	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL	0	18.9	1.46	0	33.5	0	0	0	0	2464753	9842511	17576317	23932941	29157623	
A I	OTROS	Productos de Madera	0	2028	750	300	10950	0	2.0 85	1.65	0						
		DBS + FAI + TBA + TBAN	0	47.5	10.8	2.6	576.5	0	1.8	1.3	0	1216681	4393725	7724188	10461586	12711527	
		DBS + DAF + TBA + TANX + TBN + OQ + CG-FLs	0	7.69	1.94	1.07	6.23	0	0.0 108	0.81 7	0	2365292	8622900	15182902	20574746	25006448	
		DBS + DAF + TBA + TANX + TBP + OQ + CG-FLs	0	8.11	2.05	1.07	6.57	0	0.0 511	0.32 7	0	2401154	8647655	15196014	20578287	25002124	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TBP + OQ	0	1.29	0.0369	0.0003 84	0.785	0	0.3 17	0.32 7	0	4068646	1511592 3	26696706	36215265	44038827	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBN + OQ + CG-FLs	0	1.22	0.035	0.0002 09	0.992	0	0.0 491	0.16 3	0	4019769	1527475 7	27073295	36770833	44741503	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP	0	5.23	0.15	0.0002 36	63.6	0	0.0 633	0.73 5	0	4403104	1603872 9	28236312	38261836	46502086	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ	0	10.5	0.299	0.0003 65	2.12	0	0.0 133	0.29 4	0	4479407	1638174 7	28858942	39114288	47543434	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBAN + TANX + TBP + OQ + CG- FLs	0	4.65	0.133	0.0001 15	0.942	0	0.0 467	1.32	0	4422711	1636309 9	28880182	39168312	47624405	
		DBS + SED + FIL + FLOT + DAF + FAI + CG-FL + TBA + TBAN + TANX + TBN + TBP + OQ	0	1.05	0.0299	0.0002 01	0.636	0	0.0 127	0.29 4	0	4818460	1757277 2	30943141	41932609	50965151	
A J	OTROS	Combustión de desechos	0	5000.5	210.5	0	9506. 5	2250.85	0	600. 005	0						

			Temp	DBO5 (mg/L)	TSS (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	DQO (mg/L)	COT (mg/L)	NTK (mg/L)	P (mg/L)	Patogenos	VPN 1	vpn 5	vpn 10	vpn 15	vpn 20
		DBS + TBA + TANX + TBP + OQ	0	77	2.9	0	21.9	5.2	0	19.2	0	1774085	6210506	10861250	14683823	17825699
A K	AZUCARERA	Industria Azucarera	0	6000	1100	0	10000	0	75	1.65	15000					
			0	108	17.6	0	27	0	14.1	0.3	519.7	988409	3728903	6601704	8962938	10903699
			0	9.33	1.01	0	1.75	0	1.82	0.817	18.9	2439693	8677786	15217330	20592359	25010240
			0	9.33	1.01	0	1.75	0	1.82	0.327	51.4	2547182	8946764	15655608	21169788	25702042
			0	6.19	0.0878	0	23.2	0	1.59	0.327	30.6	4775059	17382994	30599908	41463247	50392120
			0	3.1	0.0439	0	0.581	0	0.456	0.163	8.75	4818460	17572772	30943141	41932609	50965151
			0	1.38	0.0195	0	0.258	0	1.59	0.735	3.22	4761764	17554124	30964380	41986634	51046122
			0	1.38	0.0195	0	0.258	0	1.59	0.294	8.75	4869253	17823102	31402658	42564063	51737924
			0	1.24	0.0176	0	0.232	0	0.319	1.32	3.06	5190415	18917037	33306736	45134020	54855185