



300627

UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

4
2EJ

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DENTRO DE LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ.**

**T E S I S
P R O F E S I O N A L**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P R E S E N T A

RAUL ARCOS AGUILAR.

**MA. LETICIA LINARES ESTUDILLO.
ASESOR DE TESIS.**

MEXICO D.F.

FALLA DE ORIGEN

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

Por medio de la presente hago constar que el presente trabajo presentado por Raúl Arcos Aguilar de la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo ha sido concluido y revisado debidamente, quedando de manifiesto que el proyecto que lleva por título:

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DENTRO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

cumple con los requisitos de manera aceptable, otorgando con ello mi visto bueno.

ATENTAMENTE.



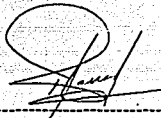
Q.F.B. Ma. Leticia Linares Estudillo.
Director de Tesis Interno.



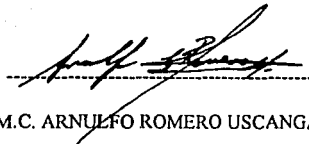
Ing. Raymundo Orozco Solís.
Director de Tesis Externo.

REVISORES ASIGNADOS POR EL H. CONSEJO DE APROBACION DE
PROYECTOS DE TESIS.

Estoy de acuerdo que el presente trabajo que lleva por título :
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DENTRO DE LA
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ presentado por Raúl Arcos Aguilar de la carrera de
Químico Farmacéutico Biólogo es aceptable para sustentar su Examen Profesional.



M.C. RAUL HAUSER LUNA,



M.C. ARNULFO ROMERO USCANGA.



Q.F.B. MA. DE JESUS RAMIREZ PALOMARES.

Este proyecto se realizó en el departamento de Ingeniería de Planta de Chrysler de México S.A., planta camiones, bajo la dirección del Q.F.B. Ma. Leticia Linares Estudillo, y el Ing. Raymundo Orozco Solís.

Con profundo y especial agradecimiento a:

**Raymundo Orozco Solís, por su dirección y asesoría
en la realización de este proyecto, y por su valiosa ayuda,
consejos, apoyo y amistad.**

**Ing. Fco. Javier Alcaraz, Jefe del departamento
de Ingeniería de Planta de Chrysler de México,
planta camiones, por brindarme la oportunidad
de colaborar en los proyectos de ecología.**

Con todo mi amor, cariño, respeto y admiración a mis padres:

Javier y Rosa

**Porque gracias a su cariño, ejemplo y educación he alcanzado
mi superación como persona, con buenos valores,
de amor, respeto por la vida y responsabilidad
para salir adelante.**

A mis hermanos:

**A quienes tanto quiero y de quienes siempre
he recibido apoyo, consejos y ayuda.**

A Belén por ser esa persona tan especial, por su apoyo, amor y confianza, no solo para realización de este trabajo, sino también por los logros obtenidos en los últimos años.....mil gracias.

A la familia Martínez Parra, por el gran cariño y confianza que existe y que difícilmente se romperá, ya que es de corazón.

A mis amigos, porque siempre sigamos conservando nuestra amistad a través de toda la vida, brindándonos apoyo, compañía y buenos consejos.

**A la familia Parra Navarrete con
cariño, por la confianza brindada.**

**Gracias Dios por concederme la oportunidad de vivir
y demostrarte que aun puedes confiar en los
hombres.**

**Agradezco también a todas las personas de
Chrysler de México, Ingeniería de Planta,
por la ayuda y sobre todo la amistad
brindada, para la realización de
este proyecto.**

**A Q.F.B. Ma. Leticia Linares Estudillo por su
dirección y apoyo en la realización de este trabajo.**

INDICE

RESUMEN.	....	1
1. INTRODUCCION.	....	2
2. GENERALIDADES.	....	4
2.1. CAUSAS DE LA CONTAMINACION.	....	4
• Contaminación natural.		
• Contaminación artificial.		
2.1.1. Efectos de la contaminación sobre los cuerpos de agua.	....	6
• Contaminación orgánica.		
• Contaminación Microbiana.		
• Contaminación Inorgánica.		
• Contaminación Térmica.		
2.2. PRINCIPALES PUNTOS DE CONTAMINACIÓN DENTRO DE LA PLANTA AUTOMOTRIZ.	....	7
2.2.1. Preparación de carrocerías.	....	7
• Lavado.		
• Fosfatizado.		
a) Desengrase.		
b) Anillo de humidificación.		
c) Enjuague.		
d) Fosfatizado.		
e) Sales de titanio.		
f) Enjuague.		
g) Sello crómico.		
h) Agua deionizada.		

2.2.2. Pintura.	....	11
2.2.3. Certificación vehicular.	....	11
2.3. TRATAMIENTO EMPLEADO PARA EL AGUA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.	....	11
• Coagulación.		
• Sedimentación.		
• Filtración.		
2.4. PARAMETROS DE LA NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE- CCA-031/91. PARA LA DETERMINACION DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES EN AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.	....	15
2.4.1. Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91.	....	15
2.4.2. Tipos de muestras.	....	15
• Muestra simple.		
• Muestra compuesta.		
2.4.3. Cantidad de muestras.	....	15
2.4.4. Parámetros.	....	17
2.4.5. Límites de concentración estandar.	....	19
2.5. PUNTOS DE MUESTREO.	....	21
3. OBJETIVO.	....	23
4. MATERIALES Y METODOS.	....	24
4.1. MUESTREO.	....	24
4.1.1. Características del material.	....	24
4.1.2. Identificación de las muestras.	....	24
4.1.3. Cuerpos receptores.	....	25
4.1.4. Procedimiento de muestreo.	....	25

4.2. ANALISIS FISICO.	....	26
A) Determinación de temperatura.		
B) Determinación de pH.		
C) Determinación de sólidos sedimentables.		
D) Determinación de la conductividad eléctrica.		
4.3. ANALISIS QUIMICO.	....	27
4.3.1. Preparación de la muestra.	....	27
4.3.2. Determinación de grasas y aceites.	....	27
4.3.3. Determinación de metales pesados.	....	28
A) Aluminio.		
B) Arsénico.		
C) Cadmio.		
D) Cianuros.		
E) Cobre.		
F) Cromo hexavalente.		
G) Cromo total.		
H) Flúor.		
I) Mercurio.		
J) Níquel.		
K) Plata.		
L) Plomo.		
M) Zinc.		
4.3.4. Determinación de fenoles.	....	35
4.3.5. Sustancias activas al azul de metileno. (SAAM).	....	36
5. RESULTADOS.	....	37
6. CONCLUSION.	....	42
7. BIBLIOGRAFIA.	....	45

INDICE DE TABLAS

1. Cantidad de muestras.	....	16
2. Parámetros Físicos.	....	17
3. Parámetros Químicos.	....	18
4. Límites de concentración estandar.	....	20
5. Resultados del análisis fisico-químico de aguas residuales del mes de septiembre 1993.	....	38
6. Resultados del análisis fisico-químico de aguas residuales del mes de octubre de 1993.	....	39
7. Resultados del análisis fisico-químico de aguas residuales del mes de noviembre de 1993.	....	40
8. Resultados del análisis fisico-químico de aguas residuales del mes de diciembre de 1993.	....	41

INDICE DE FIGURAS

1. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento.	....	14
2. Arreglo General de Drenajes.	....	22

ABREVIATURAS

N.D.	No Detectado.
NTE	Norma Técnica Ecológica.
NOM	Norma Oficial Mexicana.
SAAM	Sustancias Activas al Azul de Metileno.

RESUMEN

El presente trabajo nos muestra los diferentes tipos de contaminantes con los que contribuye la industria automotriz no descentralizada a la contaminación, hablese de metales pesados, grasas, aceites y detergentes. En base a esto, se aplica la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91 publicada en el Diario Oficial de la Federación para la determinación de estos parámetros, se presentan entonces los diferentes puntos de contaminación, el método de muestreo, el tratamiento empleado para las aguas residuales y los resultados de los análisis físico-químicos así como la metodología utilizada. En este proyecto se concluye que el sistema descontaminante utilizado es aceptable, de tal manera que es sencillo, con un costo mínimo y de acuerdo a lo obtenido, nos proporciona buenos resultados que se encuentran dentro de límites permisibles.

1. INTRODUCCION.

La contaminación de las corrientes de agua se inició con la aparición de las primeras comunidades establecidas. Los hombres encontraron muy conveniente deshacerse de los materiales indeseables vaciándolos a las corrientes naturales de agua, porque éstas los arrastran con gran rapidez. No fue sino hasta la Revolución Industrial cuando en los Estados Unidos la contaminación de las corrientes se convirtió en un problema y la introducción de los sistemas de drenaje alrededor de 1855, comenzó a ejercer sus propios efectos. La contaminación aumentó en forma constante conforme la industria manufacturera creció y las comunidades se hicieron cada vez más grandes.¹

Para prevenir y controlar la calidad del agua, es necesario regular las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano y municipal, provenientes de la industria o de los servicios, ya que éstos vierten finalmente dichas aguas que contienen desechos orgánicos, inorgánicos y microbiológicos a cuerpos receptores.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establecen que todas las descargas de aguas residuales, entre otras, a las redes colectoras, como los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, deberán observar las normas técnicas ecológicas que establezcan los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para dichas descargas y, en su caso, las condiciones particulares de éstas que fije la autoridad competente, a fin de asegurar una calidad del agua satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Por el tipo y la cantidad de contaminantes que caracteriza a las aguas residuales de la industria y de los servicios, sus descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano y municipal, producen daños al mismo sistema o a las plantas de tratamiento de las aguas residuales municipales, por lo que es necesario fijar los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes que deberán satisfacer estas descargas.

En un análisis de dichos límites, se estudiaron las posibilidades técnicas de remoción de los contaminantes que generan estas actividades, de acuerdo con las experiencias nacionales y la bibliografía internacional al respecto. Así mismo, se consideró la factibilidad técnica y económica de instrumentar procesos de depuración por parte de los responsables de las descargas y la efectividad de estos procesos.

Es posible observar los valores de los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, en las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano y municipal, que señala la norma técnica ecológica NTE-CCA-031/91; utilizando alguno o la combinación de los siguientes procesos: neutralización, floculación, sedimentación, nitrificación, desnitrificación, aireación, recarbonatación, oxidación, reducción, separación de grasas y aceites, igualación, filtración, tratamiento biológico o, en su caso, aquellos tratamientos que aseguren resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los procesos mencionados¹¹.

2. GENERALIDADES.

2.1. CAUSAS DE LA CONTAMINACION.

Existen dos causas primordiales que ocasionan la contaminación de las aguas y son: la efectuada por naturaleza, considerada como contaminación natural; y la que es por la acción del hombre, conocida como contaminación artificial.

- **CONTAMINACION NATURAL:** La contaminación natural se lleva a cabo durante el ciclo hidrológico que tiene como fases principales:

1. **Evaporación:** Debido a la energía solar, el agua de océanos, lagos y mares, es evaporada.
2. **Condensación:** Cuando el agua evaporada se pone en contacto con masas de aire frío, se condensa o se forma hielo.
3. **Precipitación pluvial:** El agua de lluvia antes de ponerse en contacto con la superficie terrestre está libre de bacterias, conteniendo sólo algo de polvo y compuestos químicos provenientes de los gases (CO_2 , O_2 , S, etc.) y vapores que atraviesan en su caída. De esta agua que cae sobre la tierra, una parte regresa a los océanos por medio de los ríos donde es repurificada; otra parte es evaporada, otra infiltrada y otra se escurre libremente. El escurrimiento superficial arrastra materia orgánica, arcillas y minerales, dependiendo del tipo de suelo por donde pasa.

La naturaleza y cantidad de contaminantes varía con la localidad en que ocurre la precipitación, siendo máxima en áreas de actividad industrial.

El polvo atmosférico que proviene de plantas industriales contamina posteriormente el agua de lluvia y es un factor que contribuye a la contaminación final de las aguas naturales, aún cuando es un factor de menor importancia que la contaminación resultante de la disolución de minerales de la superficie terrestre y de la producción por residuos industriales.

El agua de suministro para la Industria Automotriz proviene normalmente de aguas subterráneas, estas aguas contienen grandes cantidades de materiales minerales disueltos;

pero están libres de materia en suspensión debido a la acción filtrante de los estratos a través de los cuales ha pasado.

Dentro de los compuestos contaminantes encontrados en los suministros tenemos: cloruros, sulfatos, carbonatos, hidróxidos, ácidos, bicarbonato de calcio, magnesio y sodio, sílice, fierro; entre los gases tenemos: oxígeno, bióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico. Esta contaminación proviene de la naturaleza, ya que el agua al pasar por los diferentes tipos de suelos, va disolviendo materiales y formando compuestos que arrastra consigo.

- **CONTAMINACION ARTIFICIAL:** Esta contaminación se remonta al momento en que el hombre conoció el fuego, y vio que podía cocer sus alimentos y defenderse con él de los animales; ahí principió la polución del aire, la erosión del suelo y la consecuente contaminación del agua.

Al empezar a formarse los primeros grupos humanos, éstos se establecerían a orillas de los ríos para tener fácil acceso al elemento primordial. También al empezar a formarse los primeros centros industriales, éstos se desarrollaron en las cuencas de los ríos para tener buenas vías de comunicación y tener agua que sirve para la elaboración del producto y para fines de enfriamiento. Así conforme va avanzando la civilización, van apareciendo nuevos agentes contaminantes.

En el siglo XX con la máquina de combustión interna y la Industria Química, han lanzado al ambiente incontables elementos nuevos a los que han tenido que adaptarse los seres vivos; como son los insecticidas sintéticos, plásticos, antibióticos, radioisótopos, herbicidas, detergentes, etc.

Esto no sólo crea contaminación sino que aumenta las necesidades del uso del agua, lo cual es un gran problema que de no atacarse rápidamente, hay el peligro de que todos estos contaminantes acaben con la capacidad de la tierra y calidad del agua necesaria para mantener a un nivel adecuado los diversos ciclos físicos, químicos y biológicos constituidos de las diversas manifestaciones de vida²⁸.

La Industria Automotriz tiene algunos problemas de contaminación, que deben ser resueltos cuanto antes, ya que debido a la gran cantidad de metales pesados que lleva el agua de descarga de esta industria, crea serios problemas.

Los contaminantes de mayor problema son:

- a) Sólidos suspendidos en sus efluentes.
- b) Materia orgánica en sus efluentes.
- c) Desperdicios sólidos: lodos del tratamiento primario (sólidos sedimentados por medio de un clarificador).

2.1.1. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES SOBRE LOS CUERPOS DE AGUA.

La intensidad del efecto de las descargas de aguas residuales sobre los cuerpos receptores dependerá de ambos, es decir, de las concentraciones y gastos de las descargas, así como el volumen de las condiciones ambientales y de los movimientos de los cuerpos de agua.

En términos generales, los efectos de los contaminantes son los siguientes:

- **CONTAMINACION ORGANICA.** La descarga de materia orgánica provoca un decremento en las concentraciones de oxígeno disuelto del cuerpo de agua, lo cual pone en peligro a la vida acuática, ya que el oxígeno disuelto es un elemento indispensable para lograr la estabilización de la materia orgánica dispuesta en el agua, ya que se requiere por lo menos de 3 a 4 mg/L de oxígeno disuelto para mantener un nivel de vida estable.

Cuando se llega a un abatimiento total de oxígeno disuelto, se crean condiciones sépticas que producen malos olores y sabores en los cuerpos, además de matar a los peces y demás organismos deseables.

- **CONTAMINACION MICROBIANA.** Los efectos de éste tipo de contaminación repercuten directamente en la salud del hombre y animales que consumen éstas aguas

contaminadas, produciendo enfermedades como el cólera, disentería bacilar, fiebre tifoidea y gastroenteritis entre otras.

- **CONTAMINACION INORGANICA.** Se puede considerar que uno de los principales efectos de éste tipo de contaminación es la toxicidad que presentan los metales pesados que alteran considerablemente la calidad del agua y por ello ocasionan su contaminación, estos pueden ser: plomo, mercurio, cadmio, níquel, arsénico. Estos a altas concentraciones hacen indeseable el agua para el consumo doméstico o matan la vida acuática. Otros contaminantes de éste tipo son los nitratos y nitritos.

- **CONTAMINACION TERMICA.** Las diferentes formas de vida de los ecosistemas acuáticos, tienen un ámbito definido de temperatura para el desarrollo de sus procesos fisiológicos, los cuales no suelen dañarse con la elevación moderada de temperatura, sin embargo, un cambio rápido y más allá del ámbito permisible reduce su tasa de reproducción e incluso puede llegar a matarlos³.

2.2. PRINCIPALES PUNTOS DE CONTAMINACION DENTRO DE LA PLANTA AUTOMOTRIZ.

2.2.1. PREPARACION DE CARROCERIAS

- **LAVADO.** En el proceso de ensamblado hasta el pintado de carrocerías es donde se encuentra la mayor contribución en cuanto a contaminantes en el agua se refiere. Lo que se elimina en este lavado es lo siguiente:

- Grasa de la carrocería que se le haya agregado.
- Plastificante para chequeo a contra luz.
- Limaduras metálicas de fijado.

Este lavado se hace con un equipo especial que consiste en un túnel por donde pasa la unidad, en este túnel existen una serie de boquillas-esprea colocadas a modo de que cubran

perfectamente todas las partes de la carrocería, tanto interiores como exteriores. El lavado esta dividido en dos partes:

1. El desengrase.- Consiste en lavado a presión con esprea, este se hace con una solución de jabón neutro y agua caliente a 50 °C, la solución está al 5 % de jabón y ésta se prepara en una tina de 8,000 litros, la cual tiene unos serpentines interiores para mantener la temperatura. Esta solución se prepara cada 7 días y se elimina la anterior que pudiera haber sobrado. Durante la semana, se tira únicamente un rebose de aproximadamente 2,000 a 3,000 litros por día y se mantiene la concentración de agua y jabón en todo el volumen de la tina, esta agua se recicla en un circuito cerrado.

2. El enjuague.- Tiene el mismo principio que el desengrase, de circuito cerrado y lavado a presión con espreas, en este caso se cuenta con una tina de 2,000 litros de capacidad; en la cual se alimenta con agua limpia durante toda la semana y tiene un rebose de 8,000 a 5,000 litros por día. Esta agua se cambia cada 7 días.

Posteriormente del paso del lavado, la unidad pasa a un lavado manual, con cepillos y fibras para mejorar la limpieza, aquí se hace el lavado con otro detergente diferente y sin enjuagues, este detergente se utiliza sin diluir.

• FOSFATIZADO. La unidad entra a continuación en el proceso de fosfatizado el cual consiste básicamente en colocar sobre la carrocería un recubrimiento de fosfato de manganeso y zinc, esto es como recubrimiento anticorrosivo del metal para aumentar durabilidad.

Este proceso consiste en lo siguiente:

a) DESENGRASE.- Existe relación entre los lavados y enjuagues anteriores. Consiste en un lavado a base de agua a presión por medio de boquillas-esprea, este es un circuito cerrado consistente en una tina de 20,000 litros y el conjunto de boquillas. Estas se utilizan en solución de jabón anionico al 5 %, la cual se

renueva cada 7 días, y tiene un rebosamiento constante a lo largo de la producción y por esto es necesario mantener tanto los niveles de concentración y los volúmenes.

Este proceso está dividido en dos etapas, donde la única diferencia es la temperatura del agua, uno es caliente a 50 °C y uno frío a temperatura ambiente.

La calefacción del baño es un sistema de termo-cambiador de inmersión instalado en el tanque.

b) ANILLO DE HUMIDIFICACION.- Después del desengrase de la unidad, existe un anillo de humidificación conectado de la red de agua fresca, aquí el agua no se recicla; cae directamente a la fosa de recolección.

c) ENJUAGUE.- La unidad pasa a una zona de enjuague, la cual es un sistema cerrado con rebosamiento; aquí se cuenta con una tina de 8,000 litros, y un rebosamiento de aproximadamente 2,000 litros por día.

d) FOSFATIZADO.- Esta zona consta de una tina con calentamiento por espreea de una solución de fosfato de manganeso y fosfato de zinc, la tina tiene una capacidad de 8,000 litros, y se cuenta con un rebosamiento de 1,000 litros máximo por día, se renueva con material nuevo y agua fresca.

e) SALES DE TITANIO.- Aquí se adiciona por espreado una solución con sales de titanio para reforzar el recubrimiento de fosfato, esta solución se prepara en un tanque de 2,000 litros por día; la cual no tiene rebosamiento, es decir, la solución utilizada cae directamente a la fosa de captación, aquí la solución total desechada es de aproximadamente 2,000 por día, esta solución se prepara de forma continua dosificando el agua y el reactivo al tanque de agitación.

f) ENJUAGUE.- La unidad pasa a un enjuague en un sistema cerrado con rebosamiento, la tina es de aproximadamente 8,000 litros y el volumen de rebosamiento diario es de aproximadamente 2,000 litros, éste es renovado con agua fresca.

g) SELLO CROMICO.- Aquí se adiciona una solución de cromo para recubrimiento de imperfecciones en el fosfatizado, la solución se prepara en un

tanque de 8,000 litros de capacidad, que es renovado cada 7 días, y además tiene un rebosamiento diario de 2,000 litros aproximadamente, la solución es del 5 % de cromo total, y se mantiene por adición de agua fresca y de los reactivos.

h) AGUA DEIONIZADA.- En esta parte final del túnel se da un enjuague con agua desmineralizada a la carrocería, esta agua no se recupera, se desecha a la fosa de captación, con un gasto aproximado de 5,000 litros por día.

En todas las etapas del túnel de fosfatizado, se renuevan las soluciones o agua fresca cada 7 días y durante el tiempo de producción existen rebosamientos para mantener concentraciones, pureza y volúmenes de agua.

Toda el agua fresca utilizada en este proceso es agua desmineralizada, obtenida por un equipo anexo al túnel. Este equipo desmineralizador consta de dos columnas con resina; una catiónica y una aniónica, las cuales eliminan todos los minerales que pudiera contener el agua y que podrían interferir con el proceso.

El agua contenida por estos medios tiene una conductividad de máximo 4 microohms/cm. Esto es con la finalidad de evitar interferencias y por tanto malas aplicaciones y manchado en la carrocería.

Posteriormente al recubrimiento de fosfatizado, la unidad pasa a un secado, que consiste primeramente de una corriente de aire seco y luego pasa a un túnel de calentamiento por radiación a 180 °C. Pasada esta etapa la unidad llega a la zona de sellado, en donde se le pone el sellador a base de PVC en todas las juntas metálicas, para evitar vibraciones y asegurar una mejor unión.

Terminada esta etapa la unidad llega a la zona de primario, en donde se le coloca el primario anticorrosivo.

2.2.2. PINTURA.

La unidad sigue en las siguientes etapas que son la pintura propiamente dicha, en donde se pintan las unidades de acuerdo a los colores correspondientes.

Toda la pintura utilizada en la planta es de horno, por tanto las unidades pasan a unos hornos de radiación para su acabado.

En el proceso de pintura se han implantado una cascadas de agua que se alimentan de un circuito cerrado con una fosa de agua. Estas cascadas tienen la finalidad de atrapar toda la pintura que no quedo aplicada en la unidad. Existen tres fosas que son para: primer color, primario y reparaciones.

2.2.3. CERTIFICACION VEHICULAR.

Aquí se checa la unidad en todas sus partes, soportes y frenos, motor y acabado de pintura, así como sello de vidrios en pruebas de agua dinámica. Esto no es más que una simulación de lluvia por espreas y chequeo de fugas. En esta etapa se cree que se puedan arrastrar trazas de sólidos, grasas y aceites y por lo tanto el agua efluente va a la fosa de almacenamiento de aguas para su tratamiento posterior.

2.3. TRATAMIENTO EMPLEADO PARA EL AGUA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

Actualmente en la Industria Automotriz se emplea el siguiente tratamiento para las aguas de desecho:

- **COAGULACION.-** La coagulación se utiliza para remover sólidos suspendidos y turbidez, que son las impurezas presentes con mayor frecuencia, sin embargo en algunas ocasiones, se lleva a cabo para remover color y otros materiales del agua con objeto de hacerla adecuada para un fin específico.

La sedimentación simple generalmente tiene poco efecto en la eliminación de las partículas muy pequeñas suspendidas en el agua. Para eliminar esta materia suspendida en el agua, es necesario agregar al agua un coagulante (sulfato de aluminio), éste forma un coágulo atrayendo las partículas finamente divididas y la materia coloidal del agua para formar grupos de agregados que así se eliminan fácilmente mediante la sedimentación.

La coagulación tiene lugar en tres etapas: conforme se va disolviendo el coagulante, se forman iones de aluminio positivos que neutralizan las cargas negativas de las partículas de turbidez incluyendo, la arcilla coloidal y el color. Esto es la primera etapa de la coagulación que requiere para su mayor eficiencia una rápida e íntima mezcla, antes de que tengan lugar reacciones secundarias.

Después de esto, el tratamiento ha de consistir en una lenta agitación a fin de que se pueda dar la segunda etapa, durante la cual los flóculos muy pequeños pueden aglomerarse y aumentar de tamaño hasta quedar en condiciones de sedimentación. Durante esta fase tiene lugar el tratamiento de otras partículas, incluso bacterias. La coagulación efectiva se ve favorecida por ciertos iones negativos, en especial por ion SO_4 con doble carga.

La importancia de la concentración iónica con distintos coagulantes se manifiesta también por los valores variables de pH óptimos.

La coagulación eficaz requiere además una dosificación correcta del coagulante y de los productos químicos auxiliares.

• **SEDIMENTACION.**- El método de purificación de agua más antiguo es la remoción de sólidos suspendidos mediante sedimentación. Ha sido empleado extensamente por ser uno de los menos costosos.

Científicamente el problema de clarificación del agua, entraña algunas complicaciones y la influencia de muchos factores.

Se han llevado a cabo muchas investigaciones tendientes a establecer los principios básicos que intervienen en la remoción de sólidos del agua por sedimentación simple. La

velocidad de sedimentación de cuerpos sólidos en el agua depende: de la gravedad específica, la forma y tamaño de las partículas, de la viscosidad del agua y de las corrientes dentro del recipiente.

Las partículas de materia finamente divididas pueden permanecer en suspensión durante semanas y sólo son removibles por sedimentación cuando son aglomerados. Los cuerpos esféricos se sedimentan con mayor velocidad que los de cualquier otra forma de la misma gravedad específica.

La facilidad que tenga la materia suspendida en el agua para sedimentarse, depende en gran parte del tamaño y gravedad específica; pero también esta influenciada por la temperatura del agua, la velocidad de sedimentación disminuye simultáneamente al reducirse la temperatura del agua. Una disminución de temperatura de 21 °C a 16.7 °C por ejemplo, da como resultado una reducción de un 45 % en la eficiencia de sedimentación.

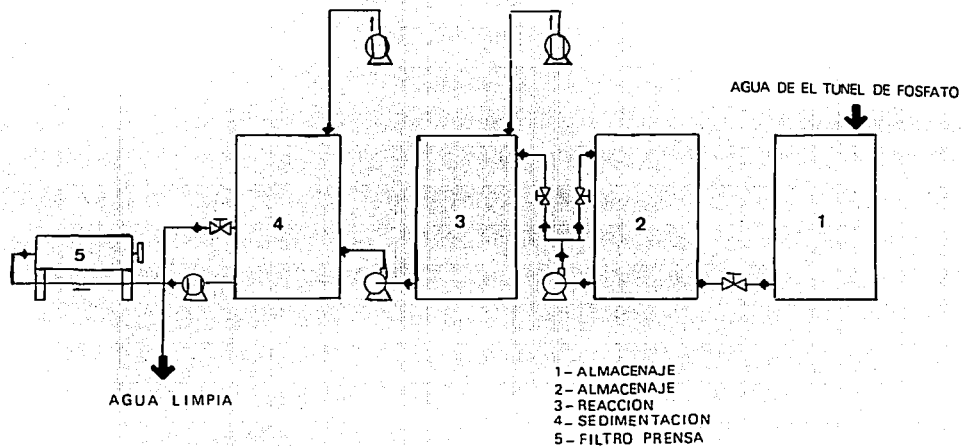
• **FILTRACION.-** La sedimentación con coagulación o sin ella, no proporciona un tratamiento suficientemente satisfactorio del agua. Por lo cual es necesario un filtro. La filtración ayuda además a la eliminación de hierro y manganeso, del color, de los gustos y de los olores.

Después del clarificador, el agua pasa a filtración a un sistema de filtro prensa (J.W.I.) con una presión de 80 libras.

No se deberán descargar o depositar en los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, sustancias o residuos considerados peligrosos, sustancias sólidas o pastosas que puedan causar obstrucción al flujo de dichos sistemas, así como los que puedan solidificarse, precipitarse o aumentar su viscosidad a temperaturas de entre 5°C a 40°C o lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

En la Figura 1 se muestra un diagrama del sistema de tratamiento, utilizado actualmente dentro de la planta automotriz. (Cortesía del Ing. Raymundo Orozco Solis, Jefe del Laboratorio de Control Ambiental de Chrysler de México S.A., Planta Camiones.)

FIG.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.



2.4. PARAMETROS DE LA NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CCA-031/91. PARA LA DETERMINACION DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES EN AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

2.4.1. NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CCA-031/91.

La norma técnica ecológica NTE-CCA-031/91 establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal provenientes de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografías y el tratamiento de aguas residuales.

2.4.2. TIPOS DE MUESTRAS.

- **MUESTRA SIMPLE.-** Aquella tomada ininterrumpidamente durante el periodo necesario para completar un volumen proporcional al caudal, de manera que resulte representativo de la descarga de aguas residuales, medido éste en el sitio y en el momento del muestreo.

- **MUESTRA COMPUESTA.-** Es la que resulta de mezclar varias muestras simples.

2.4.3. CANTIDAD DE MUESTRAS.

Los valores de los parámetros de los contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria a cuerpos receptores, se obtendrán del análisis de muestras compuestas que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal, medido éste en el sitio y en el momento del muestreo de acuerdo con la Tabla 1:

TABLA 1. CANTIDAD DE MUESTRAS.

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga.	Número de muestras	Intervalo entre tomas de muestras simples (horas)	
		Mínimo	Máximo
hasta 8	3	2	4
más de 8 y hasta 12	4	2.6	4
más de 12 y hasta 18	4	4.5	6
más de 18 y hasta 24	5	4.5	6

La Tabla 1 nos indica el número de muestras a tomar, dependiendo de las horas por día que opera el proceso generador de la descarga.

2.4.4. PARAMETROS.

TABLA 2. PARAMETROS FISICOS.

PARAMETROS FISICOS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	MUESTRA PROMEDIO	MUESTRA INSTANTANEA
Temperatura	-----	40 °C
Potencial de Hidrógeno (Unidades de pH)	6.9	6.9
Sólidos sedimentables (ml/L)	5.00	10.00
Conductividad Eléctrica (micro omhs/cm)	10,000.00	15,000.00

La Tabla 2 nos muestra los parámetros físicos así como los límites máximos permisibles de los mismos, estipulados en la norma técnica ecológica NTE-CCA-031/91, publicada en el Diario Oficial de la Federación.

TABLA 3. PARAMETROS QUIMICOS.**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES**

PARAMETROS QUIMICOS	MUESTRA PROMEDIO	MUESTRA INSTANTANEA
Grasas y aceites (mg/L)	70.00	140.00
Aluminio (mg/L)	10.00	20.00
Arsénico (mg/L)	2.00	4.00
Cadmio (mg/L)	0.50	1.00
Cianuros (mg/L)	1.00	2.00
Cobre (mg/L)	5.00	10.00
Cromo hexavalente (mg/L)	0.50	1.00
Cromo total (mg/L)	2.50	5.00
Flúor (mg/L)	30.00	60.00
Mercurio (mg/L)	0.01	0.02
Níquel (mg/L)	4.00	8.00
Plata (mg/L)	1.00	2.00
Plomo (mg/L)	1.00	2.00
Zinc (mg/L)	6.00	12.00
Fenoles (mg/L)	5.00	10.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) (mg/L)	30.00	60.00

La Tabla 3 nos muestra los diferentes parámetros químicos y los límites máximos permisibles de los mismos, estipulados en la norma técnica ecológica NTE-CCA-031/91 publicada en el

Diario Oficial de la Federación.

2.4.5. LIMITES DE CONCENTRACION ESTANDAR.

Los limites de concentración estandar para los diferentes elementos y sustancias que se analizaron, se determinaron por espectrofotometría, utilizando equipo de la metodología HACH, programado para cada uno de los parametros que así lo requerian, con los siguientes rangos de concentración de acuerdo a la Tabla 4.

TABLA 4. LÍMITES DE CONCENTRACION ESTANDAR.

SUSTANCIA	RANGO ESTANDAR (mg/L)
Aluminio	0 - 1.0
Arsénico	0 - 0.2
Cadmio	0 - 1.8
Cianuros	0 - 0.240
Cobre	0 - 5.0
Cromo Hexavalente	0 - 1.0
Cromo Total	0 - 0.7
Flúor	0 - 1.5
Mercurio	0 - 0.01
Niquel	0 - 1.8
Plata	0 - 0.7
Plomo	0 - 0.3
Zinc	0 - 2.5
Fenoles	0 - 0.2
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	0.025 - 100

La Tabla 4 muestra los límites de concentración estandar mínimos y máximos programados en el equipo empleado en la determinación de las diferentes sustancias.

2.5. PUNTOS DE MUESTREO.

A continuación en la Figura 2, se presenta un plano de la planta automotriz con el arreglo general de drenajes, indicando los sitios de muestreo y se especifica las áreas que estos mismos puntos abarcan.

Se contemplan entonces los nueve puntos estratégicos de muestreo como sigue:

Colector no. 1: Baños de Pintura, Oficinas de Recibo.

Colector no. 2: Agua proveniente del Sistema de Tratamiento.

Colector no. 3: Certificación vehicular, Chassis, Vestidura, Tunel de Fosfato, Body Wash.

Colector no. 4: Agua Pluvial.

Colector no. 5: Area de Carrocerías.

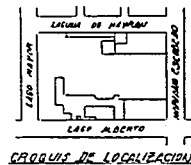
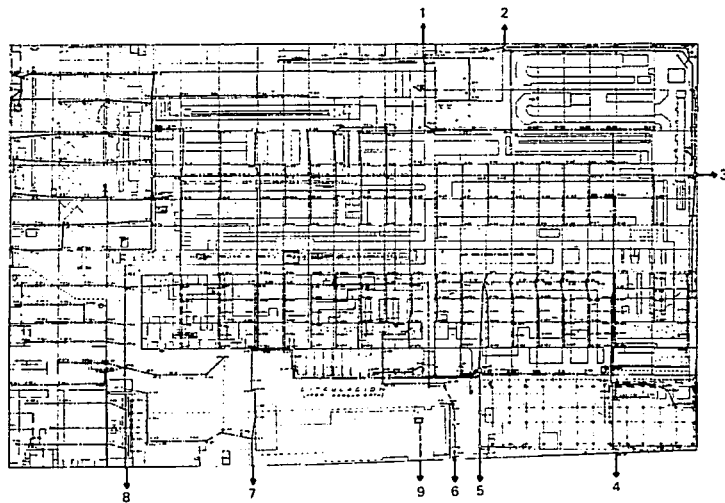
Colector no. 6: Carrocerías, Comedor de obreros.

Colector no. 7: Plataforma de Estacionamiento.

Colector no. 8: Oficinas de Planta, Ingeniería del Producto.

Colector no. 9: Oficinas Generales

FIG.2. ARREGLO GENERAL DE DRENAJES.



22

FALLA DE ORIGEN

3. OBJETIVO.

Realizar métodos de análisis físico-químicos en base a la Norma Técnica Ecológica NTE-CAA-031/91 establecidos en el tratamiento de aguas residuales en la Industria Automotriz en México, para la verificación de parámetros dentro de los límites máximos permisibles.

4. MATERIALES Y METODOS.

4.1 MUESTREO.

4.1.1. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL.

El muestreo se realizó en frascos, los cuales fueron inertes a las soluciones o materiales que se determinaron, utilizándose contenedores de polietileno. Estos recipientes fueron opacos para no permitir el paso de la luz que pudiera alterar las características físico-químicas de las muestras; los contenedores de muestreo fueron lavados con ácido sulfúrico (0.02 N), detergentes, enjuagados con agua destilada y posteriormente secados.

El cerrado de los frascos fue hermético y las tapas compatibles con el material de los mismos e inertes a las muestras. Para asegurar un hermetismo total, se colocó un trozo de polietileno entre la boca del frasco y la tapa a modo de sello.

Para la toma de muestras, fue recomendable utilizar recipientes de un volumen aproximado de 2 litros.

4.1.2. IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS.

Se tomaron todas las precauciones necesarias para que en cualquier momento fuera posible identificar las muestras. Se emplearon etiquetas pegadas o colgadas y se numeraron los frascos. Estas etiquetas contenían la siguiente información:

- Identificación de la descarga.
- Número de muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Punto de muestreo.
- Temperatura de la muestra.
- Flujo registrado.
- Nombre y firma de la persona que efectúa el muestreo.

Durante el muestreo, se llevó una hoja de registro para identificar el origen de la muestra, así como los resultados obtenidos dentro de su análisis.

4.1.3. CUERPOS RECEPTORES.

La toma de muestras fue realizada en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-03-1980²⁵.

Las muestras tomadas fueron representativas de las condiciones que existían en el punto y hora del muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar las determinaciones correspondientes. Estas muestras representaron lo mejor posible las características del efluente total que se descarga y el conducto donde se muestreo debió de contener el total de todos los flujos, esto es, procedente de un tubo colector de todos los ductos.

4.1.4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.

Mediante un vaso de precipitados de 250 ml de plástico, se tomó la muestra directamente del ducto principal, no del fondo del flujo; en colectores profundos.

Antes de ser tomada la muestra, el recipiente se enjuagó repetidas veces con la misma agua residual.

Se llenó completamente el vaso de precipitados con la muestra, de manera que no quedó aire atrapado, para obtener el volumen requerido en menos alicuotas tomadas y que fueron depositadas en contenedores de muestras de 2 litros.

Para cada colector el intervalo de muestreo fue de un mes, para un monitoreo aceptable, y en un control más rígido, el muestreo fue a intervalos de una semana.

En el caso de que la calidad del agua variara en un mismo día, los intervalos de toma de muestras serían de 2 a 3 horas. Cabe mencionar que se utilizó un monitoreo de tipo aceptable, esto es, para cada colector existió un muestreo mensual.

Las muestras se conservaron en baño de hielo a una temperatura de 2 a 4°C y el tiempo máximo de almacenamiento fue de 3 días

4.2 ANALISIS FISICO.

A) DETERMINACION DE TEMPERATURA (°C).

La determinación de la temperatura se realizó en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-7-1980¹⁶ utilizando termómetro industrial de vidrio (TAYLOR DE -10°C-360°C), por inmersión directa en la muestra contenida en un vaso de pp de 1000 ml (PYREX), esperando el tiempo suficiente para obtener mediciones constantes. Posteriormente se reportó. Esta determinación fue realizada en el sitio y al momento del muestreo, tal y como se indica en la norma.

B) DETERMINACION DE pH.

Utilizando la muestra anterior, se determinó el potencial de hidrógeno mediante el empleo de un potenciómetro (FISHER Mod. 725), y por inmersión del electrodo en la muestra se obtuvo la lectura en unidades de pH utilizando como medio de calibración una solución estandar de fosfatos (MERCK pH= 6.863 a 25°C).^{2,8}

C) DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES (ml/L).

Esta determinación se desarrolló en acuerdo a la Norma Oficial Mexicana DGN-AA-4-1977^{26,27}

Se llenó un cono de sedimentación tipo Imhoff (PYREX) graduado con la muestra utilizada anteriormente, hasta un volumen de 1000ml, se dejó reposar la muestra durante 15 minutos, tiempo en el cual se agitaron suavemente los lados del cono para sedimentar los sólidos adheridos a las paredes, dejando 15 minutos más de sedimentación. Se reportó la cantidad de sedimento directamente del cono.

D) DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (microohms/cm).

En esta prueba se utilizó un conductímetro (FISHER Mod. C-120) y se determinó por inmersión del electrodo de platino en la muestra de agua,⁹ utilizando como medio de calibración una solución estandar de KCl (0.01 M) y ajuste de temperatura a 25 +/- 0.1°C¹⁰.

4.3 ANALISIS QUIMICO.

4.3.1 PREPARACION DE LA MUESTRA.

A la muestra colectada con un volumen igual a 2000 ml, se le agregó 5 ml de HNO₃ (J.T. BAKER) y 2.5 ml de HCl (J.T. BAKER) y posteriormente se colocó en una parrilla eléctrica por un tiempo aproximado de 1 hora para hacer la digestión de la muestra y obtener un volumen final de 200 ml, al cual una vez terminada la digestión se aforó nuevamente hasta 1000 ml, neutralizándose con NaOH (50%) hasta un pH=3-4. Este proceso de digestión es básicamente para eliminar toda materia orgánica que contenga la muestra tomada y que de alguna manera pudiera causar interferencias al realizar los análisis químicos de la norma⁴.

4.3.2. DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES.

Determinación basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-5-1980¹⁴, la cual consistió en la acidificación previa de 30 ml de muestra, mediante la adición de 5 ml de HCl concentrado (J.T. BAKER) hasta la obtención de un pH=2. La verificación del pH se determinó con tiras de papel, escala de 0-14 unidades de pH (MERCK). Posteriormente se filtró utilizando papel filtro (WATMAN 41) y un embudo Buchner (PYREX) de 12 cms de diámetro. Con la ayuda de una bomba de vacío (KOBLENZ) se pasó la muestra a través del medio filtrante, recolectándose en un matraz quitazato de 500 ml (PYREX); utilizando pinzas se depositaron los papeles filtro usados en un cartucho de extracción (THIMBLES)

que a su vez se colocó sobre vidrios de reloj y dentro de una estufa eléctrica (THERMOLINE) se secaron a una temperatura de 103°C durante 30 minutos. Se colocó el cartucho en un aparato de extracción soxhlet (PYREX) del cual el matraz balón se encontraba a peso constante y con un volumen de 250 ml de hexano (J.T. BAKER) utilizado como medio extractor. La solución permaneció en reflujo durante 4 horas a partir de la primera gota de extracción. Una vez terminado el periodo de reflujo se recuperaron los residuos de hexano ocluidos en el refrigerante al matraz balón y el solvente se evaporó en baño María con una temperatura de 85°C y luego se colocó en una estufa (THERMOLINE) a 60°C durante 30 minutos. Se dejó enfriar el matraz en un desecador (PYREX) hasta la obtención de peso constante del matraz y se determinó su peso en una balanza analítica (OHAUS), para el cálculo de la cantidad de grasas y aceites en base a la siguiente fórmula:

$$\text{mg/L de aceites y grasas} = \frac{(M_2 - M_1) * 1000}{V}$$

donde: M_1 = peso del matraz vacío a peso constante, en g.

M_2 = peso del matraz con muestra en g.

V = volumen de la muestra en litros.

4.3.3. DETERMINACION DE METALES PESADOS.

A) ALUMINIO (Al).

Se tomó un volumen de 50 ml de la muestra de agua en una probeta graduada de 50 ml (PYREX) con tapón esmerilado, se adicionó el contenido de un almohadilla-kit polvo reactivo de ácido ascórbico (HACH) y se invirtió la probeta repetidamente para disolver el polvo. Después se adicionó a la muestra el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Alu Ver3 (HACH), agitándose la probeta durante un minuto para su disolución. Una coloración rojo-naranja nos indicaría la presencia del aluminio. La solución obtenida se dividió en dos porciones de 25 ml cada una y a una de ellas se adicionó el contenido de una

almohadilla-kit blanqueador reactivo (HACH) utilizándose esta solución como blanco o medio de calibración del espectrofotómetro. Las dos porciones de 25 ml fueron depositadas en celdas espectrofotométricas de vidrio de 25 ml (HACH). Posteriormente se dejaron reaccionar ambas soluciones por espacio de 15 minutos y se determinó la concentración de aluminio presente en mg/L en un colorímetro (HACH) a una longitud de onda de 522 nm.⁵

B) ARSENICO (As).

Determinación proveniente de la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-46-1981¹². Se ensambó un aparato de destilación para recuperación de arsénico, con un algodón humedecido en solución de acetato de plomo (10 %) y colocado en el lavador de gas previniendo que sellara el vidrio. Posteriormente se depositaron 25 ml de solución absorbente de arsénico (1000 mg/L) en el cilindro surtidor de gas. Por separado se vació un volumen de 250 ml de la muestra de agua al matraz de destilación y se encendió el aparato hasta un control de 5, se adicionó a la muestra 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, 1 ml de solución de cloruro estano (40 g Sn/100 ml HCl) y 3 ml de solución de yoduro de potasio (20 %), tapando el matraz, se agitó durante 15 minutos. Después se pesaron 10 gr de granallas de zinc y se agregaron al matraz, se agitó y se calentó la muestra en el aparato de absorción por un tiempo de 15 minutos. Posteriormente se aminoró el calentamiento colocando en unidad 1 el control de calor y con un tiempo adicional de 15 minutos más. Finalmente se removió el cilindro surtidor de gas enjuagando con la solución absorbente de arsénico y se recuperó el total de esta solución para determinar la concentración de arsénico en mg/L a una longitud de onda de 520 nm.

C) CADMIO (Cd).

Prueba basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-60-1981¹³. Se tomó un volumen de muestra igual a 250 ml en una probeta graduada de 500 ml con tapón esmerilado (PYREX) y se adicionó a la muestra el contenido de una almohadilla-kit polvo

reactivo de buffer de citratos tipo para metales pesados (HACH), y se agitó hasta alcanzar disolución. Después, usando ventilación adecuada, en una probeta graduada de 50 ml con tapón esmerilado se midieron 30 ml de solución de cloroformo grado analítico (J.T. BAKER), esta solución se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Dithi Ver Metals (HACH), se tapó y se agitó hasta disolución. Por separado, a la muestra se le agregó 20 ml de una solución de hidróxido de sodio (NaOH al 50%) y luego 0.1 g de cianuro de potasio (KCN HACH) con agitación vigorosa por un tiempo de 15 minutos y se dejó reaccionar durante un minuto. Posteriormente, la solución preparada de ditizona en cloroformo fue agregada a la solución problema, con inversión y liberación del cloroformo volátil, se filtró utilizando un embudo de vidrio de tallo corto (PYREX), papel filtro y un trozo de algodón insertado en el tallo del embudo, la solución fue recolectada en celdas espectrofotométricas de vidrio (HACH) de 25 ml. La aparición de una coloración rosa tenue nos indicaría la presencia de cadmio. La concentración de cadmio en mg/L fue determinada en un espectrofotómetro (HACH) a una longitud de onda de 513 nm.

D) CIANUROS (CN).

Determinación regida por la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-58-1982. Tomando una muestra agua de 25 ml que es medida en una probeta graduada de 50 ml de vidrio con tapón esmerilado y depositada en una celda de vidrio de 25 ml. Se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Cyani Ver 3 (HACH), tapando la celda se agitó por un tiempo de 30 segundos, posteriormente se dejó reaccionar otros 30 segundos. Se adicionó a la muestra el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Cyani Ver 4, tapando de nuevo se agitó durante 6 segundos. Seguidamente se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Cyani Ver 5, se tapa la celda de nuevo y se agita vigorosamente hasta la disolución del polvo. Si el cianuro está presente se detectaría una coloración rosa tenue. Se dejó reaccionar por un tiempo de 30 minutos para estabilización del color. Se utilizó como blanco una muestra de agua para calibración del

espectrofotómetro. La concentración de cianuros en mg/L en la muestra fue determinada colorimétricamente a una longitud de onda de 612 nm.

E) COBRE (Cu).

Se basa en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-66-1981.¹⁷ Se colocaron dos muestras de 25 ml en dos celdas de vidrio, a una de las cuales se le adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Cu Ver 1 y se agitó hasta disolución. La aparición de un color púrpura nos revelaría la presencia de cobre. Se dejó reaccionar por dos minutos para la obtención completa del color. La concentración en la muestra fue determinada colorimétricamente en mg/L a una longitud de onda de 560 nm, utilizando como blanco la segunda celda con muestra no tratada.

F) CROMO HEXAVALENTE (Cr^{VI}).

Se basa en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-44-1981.¹⁸ En dos celdas de vidrio se colocaron 25 ml de la muestra de agua a analizar, se adicionó a una de ellas el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Chroma Ver 3 y se agitó. La presencia de color púrpura indicaría la existencia de cromo hexavalente. Se dejó reaccionar 5 minutos y la concentración de cromo hexavalente se determinó colorimétricamente a una longitud de onda de 540 nm, utilizando como blanco la segunda celda con muestra de agua no tratada, y reportándose en mg/L.

G) CROMO TOTAL (Cr).

En una celda de vidrio se colocaron 25 ml de la muestra de agua y se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Chromium 1, se agitó vigorosamente, y se dejó reaccionar durante 5 minutos en un baño con agua hirviendo, después de este periodo se dejó enfriar la muestra hasta 25°C en baño de agua fría. Se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Chromium 2 con agitación hasta su disolución,

después se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo ácido que se disolvió por agitación. Finalmente se agregó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Chroma Ver 3 y se agitó hasta su disolución. La presencia de una coloración púrpura nos indicaría la existencia de cromo. La mezcla se dejó reaccionar 5 minutos y se determinó la concentración de cromo en mg/L a 540 nm en un espectrofotómetro (HACH). El blanco que se utilizó fueron 25 ml de agua problema sin adición de reactivos⁶.

H) FLUOR (F).

Determinación regida por la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-77-1982²⁰. Dentro de una celda de vidrio se colocaron 25 ml del agua a analizar, en otra celda se colocaron 25 ml de agua destilada, posteriormente se adicionó a ambas celdas 5 ml del reactivo SPADNS con una pipeta de 5 ml (PYREX), dejándose reposar ambas muestras por un periodo de 1 minuto. La concentración de fluoruros se determinó en mg/L mediante el método colorimétrico a una longitud de onda de 580 nm y utilizando como blanco de referencia la celda con agua destilada.

I) MERCURIO (Hg).

La determinación de este metal esta basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-64-1981²¹. Se tomó una alícuota de 500 ml de muestra de análisis, a la cual se le agregó 1 ml de permanganato de potasio (KMNO₄, 5%) y 10 ml de ácido sulfúrico H₂SO₄ concentrado, se agitó y se llevó a ebullición. Se adicionó lentamente 5 ml de solución de persulfato de potasio (K₂S₂O₈) y se dejó enfriar por un periodo de 10 minutos, después se agregaron varias gotas de hidroxilamina (NH₂OH•HCl) hasta la pérdida de coloración rosa. Se transfirió la solución a un embudo de separación de 1 Lt al cual se le agregaron 25 ml de solución de ditizona (C₁₃H₁₂N₄S) (6 mg/L cloroformo). El embudo se agitó vigorosamente y la fase orgánica se transfirió a otro embudo de separación de 250 ml, repitiéndose esta etapa tres veces hasta cambio de coloración a azul intenso. Los extractos acumulados de

ditizona se lavaron con 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4 0.25 N) agitando para obtener la fase orgánica, la cual se transfirió a otro embudo de separación de 250 ml, agregándose 50 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4 0.25 N) y 10 ml de solución de bromuro de potasio (KBr 40 %). Se agitó vigorosamente para transferir el ditizonato mercuríco de la capa orgánica a la acuosa desechándose la capa inferior de ditizona. Posteriormente se lavó la capa acuosa con un volumen pequeño de cloroformo desechándose la fase inferior, se adicionaron 20 ml de solución buffer de fosfato-carbonato y 10 ml de solución de ditizona, agitándose fuertemente y después de la separación de las fases se transfirió la fase orgánica a un vaso de precipitados, conteniendo el ditizonato mercuríco. A esta fase, se le agregó 2 g de sulfato de sodio anhidro, decantándose posteriormente en una celda de vidrio y finalmente se determinó la concentración de mercurio en mg/L, a una longitud de onda de 490 nm utilizándose como testigo una muestra de agua destilada de 500 ml.

J) NIQUEL (Ni).

Determinación basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-76-1982²². A una muestra de 300 ml y se depositó en una probeta de vidrio de 500 ml (PYREX), con la adición del contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Nickel 1, tapando la probeta se agitó hasta su disolución, se dejó reaccionar por 5 minutos y después de este periodo de tiempo se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Nickel 2, se agitó para disolver y se dejó en reposo durante 5 minutos. Se adicionaron 10 ml de cloroformo grado reactivo. Transfiriendo la muestra a un embudo de separación de 250 ml (PYREX) utilizando ventilaciones durante la agitación y dejando periodos de 5 minutos para la separación de fases. Insertando un trozo de algodón en el tallo del embudo, la fase clorofórmica fue recolectada en una celda de vidrio. La extracción fue repetida con dos fracciones de 10 ml de cloroformo cada una, se determinó la concentración de níquel en mg/L con un espectrofotómetro a una longitud de onda de 430 nm y utilizando como blanco de referencia una muestra de cloroformo.

K) PLATA (Ag).

En una probeta de vidrio totalmente seca se colocó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Silver 1, posteriormente se adicionó el contenido de una almohadilla-kit solución reactivo de Silver 2 y se mezcló esta solución con el polvo reactivo. Adicionando 50 ml de la muestra de agua a la mezcla anterior, la probeta fue tapada y agitada durante 1 minuto. De la solución se tomaron 25 ml en una celda de vidrio, a la cual se le agregó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de tiosulfato con agitación por 30 segundos, esto fue para generar el blanco de referencia. La porción remanente en la probeta fue depositada en otra celda de vidrio y utilizada como muestra problema, determinándose la concentración de plata en mg/L a una longitud de onda de 560 nm⁷.

L) PLOMO (Pb).

Esta prueba se basa en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-57-1981²³. Un volumen de muestra de agua igual a 250 ml fue depositado en un embudo de separación de vidrio de tallo largo de 500 ml (PYREX), al cual se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de buffer de citratos para metales pesados, cerrando el embudo se agitó hasta disolución del polvo. Posteriormente usando ventilación adecuada y por separado, a un volumen de 50 ml de cloroformo grado reactivo contenidos en una probeta de vidrio de 50 ml con tapón esmerilado, se le adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Dithi Ver Metals; de esta solución preparada se agregaron 30 ml al embudo de separación más 5 ml de una solución estandar de NaOH (0.5 N). Tapando el embudo, se agitó con ventilaciones posteriores para la eliminación del cloroformo gaseoso. Después se continuó agregando gotas de NaOH con agitación hasta un cambio de coloración en la solución de azul-verde a naranja. A esta mezcla se agregaron 5 gotas más de NaOH y 2 porciones de 0.1 g de KCN, se tapó el embudo y con agitación vigorosa se disolvió el KCN (15 segundos). Se dejó reposar la mezcla durante un tiempo de 1 minuto para la separación de fases y

mediante la inserción de un trozo de algodón en el tallo del embudo, la fase cloroformica fue recolectada en una celda de vidrio de 25 ml y se determinó la concentración de plomo en mg/L colorimétricamente a una longitud de onda de 515 nm, utilizándose cloroformo como blanco.

M) ZINC (Zn).

La determinación se basa en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-78-1982²⁴. Se colocó una muestra de agua de 50 ml en una probeta de vidrio con tapón esmerilado, se agregó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Zinc Ver 5 Zinc y se agitó la probeta hasta disolución. Se tomaron 25 ml de la muestra en una celda de vidrio que se utilizó como blanco. A la muestra remanente se le agregó 1 ml a gotas de ciclohexanona con agitación posterior por 30 segundos, en un intervalo de 3 minutos se puede observar una coloración completa. La concentración de zinc se determinó en mg/L a una longitud de onda de 620 nm.

4.3.4. DETERMINACION DE FENOLES.

La determinación de fenoles esta basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-50-1981¹⁹. Se colocaron 300 ml de agua desmineralizada (blanco) en un embudo de separación de 500 ml y al mismo tiempo se colocó en otro embudo de separación 300 ml de la muestra a analizar (problema), se agregó 5 ml de solución buffer Hardness 1 (HACH) a cada embudo y se agitaron. Se adicionó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de fenol a cada embudo con agitación hasta disolución, posteriormente se agregó el contenido de una almohadilla-kit polvo reactivo de Phenol 2 a cada embudo, los cuales se agitaron; se les agregó 30 ml de cloroformo posterior agitación durante 30 segundos y se ventilaron, removiendo los tapones de los embudos se dejaron reposar para permitir la

separación de fases. Se insertó un trozo de algodón en el tallo de los embudos y se recolectó la fase cloroformica de ambos en celdas de vidrio. Una coloración amarillo-ambar nos indicaría la presencia de fenol. La concentración se determinó en mg/L a una longitud de onda de 460 nm.

4.3.5. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM).

Prueba basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-39-1980¹⁵. Se colocó en un embudo de separación un volumen de muestra de 250 ml, alcalinizando con solución de hidróxido de sodio (1 N) y usando solución indicadora de fenoftaleína. La muestra se neutralizó con solución de ácido sulfúrico (1 N). Posteriormente se agregaron 10 ml de cloroformo y 25 ml de azul de metileno. Se agitó vigorosamente durante algunos segundos y se dejó reposar hasta la separación de las fases. La fase orgánica se pasó a un segundo embudo y se lavó el tubo de descarga del primero con cloroformo, esta extracción se repitió 3 veces, usando fracciones de 10 ml de cloroformo en cada ocasión. Se combinaron todos los extractos en el segundo embudo de separación agregando 50 ml de solución de lavado (fosfato monosódico monohidratado 5%) y se agitó vigorosamente durante 30 segundos. Se dejó reposar y se filtró la capa de cloroformo a través de fibra de vidrio a un matraz aforado de 100 ml. Se repitió el lavado 2 veces utilizando 10 ml de solución de lavado en cada ocasión. Se lavó la fibra de vidrio y el embudo con cloroformo recolectando los lavados en el matraz y se aforó con cloroformo, mezclando perfectamente.

Se determinó la absorbancia de la solución a 652 nm utilizando como blanco cloroformo bajo el procedimiento anterior.

Cabe mencionar que durante el desarrollo de estos análisis y por aspectos de tiempo, se utilizó reactivos, metodología y equipo de la marca HACH; Así como también reactivos de las marcas MERCK y J. T. BAKER.

5. RESULTADOS.

Los resultados que se muestran a continuación, se obtuvieron en un periodo de muestreo de cuatro meses, correspondientes a los meses de septiembre a diciembre de 1993, durante los cuales se recolectaron dos tipos de muestras, que fueron, una muestra simple (instantanea) y una compuesta (promedio), en los nueve colectores existentes dentro de la planta, cabe mencionar, que en el colector No. 2 sólo se tomaron muestras simples (instantaneas), por ser agua proveniente del sistema de tratamiento y en consecuencia solo se emitía una sola descarga a la red municipal. Los resultados se muestran en forma de tablas, en las cuales se contemplan todos los parámetros físico-químicos, que estipula la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91.

En el colector No. 4 no existe muestreo debido a que este colector es de tipo pluvial y que en este periodo no existió flujo. En el caso del colector No. 5 tampoco existe muestreo por falta de flujo, debido a que corresponde a una área en la cual solo es almacén de unidades y por consiguiente no se utiliza agua.

Los datos registrados como no-detectados (N.D) corresponden a análisis en los cuales la concentración del metal es mínima y que no es registrada por el equipo y método empleado, por lo tanto se establece que son resultados menores a los límites de concentración estandar indicados en la Tabla 4.

6. CONCLUSION.

Siendo la Industria Automotriz una de las que mayor contaminan los efluentes, debido a todos los metales pesados, sólidos y grasas y aceites que se arrastran en cada etapa del proceso de producción, es de vital importancia que se consideren todos los puntos desarrollados en el presente trabajo, ya que con ello se garantiza que el agua residual que se deposita en las redes municipales y de alcantarillado van libres de estos desechos indeseables que ocasionarían problemas en los drenajes municipales y empeorando a su vez la calidad de agua que se este administrando a los receptores de aguas residuales para un uso posterior.

Para la realización de este proyecto se utilizaron métodos modernos y simplificados que reducen el tiempo de análisis con lo que se pueden desarrollar más pruebas y mayor número de tomas diferentes. Con las pruebas, experiencias de operación y análisis efectuados, hemos comprobado que todos los parámetros medidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles estipulados por la norma a la que se hace referencia, cabe mencionar que se contemplan nueve diferentes puntos o colectores de muestreo y que el tipo de agua muestreada y analizada proviene de dos fuentes, uno es el agua de servicio por ejemplo, sanitarios, regaderas, comedores, y el otro es del sistema de tratamiento utilizado actualmente y que es liberado a la red municipal a través del colector número dos y que esta agua proviene del túnel de fosfatizado para la preparación de carrocerías, área de pintura y agua utilizada en las pruebas de velocidad estática y que se mencionan dentro de las generalidades como puntos de alta contaminación, así pues, se observa que el sistema implementado es eficaz, ya que toda el agua residual liberada va con cierta cantidad de contaminantes, pero dentro de la tolerancia permitida.

Para las determinaciones físico-químicas, existen diferentes normas oficiales mexicanas para cada uno de los parámetros, en las cuales se expone el procedimiento, técnicas, reactivos, equipos y materiales para la obtención de resultados, pero por razones

de tiempo en Chrysler de México, se utiliza actualmente todo lo referente a la metodología HACH, kits-reactivos, material de vidrio, así como un espectrofotómetro programado específicamente para cada uno de las determinaciones. Este método puede ser flexible, tomando en cuenta aspectos tales como economía, eficacia, tiempo, etc. Bien se puede utilizar la misma metodología pero con otra marca.

En la Tabla 4 se especifican los límites de concentración estandar establecidos para cada una de las determinaciones espectrofotométricas y que se encontraban programadas en el equipo empleado.

Haciendo un análisis de resultados, los cuales fueron obtenidos en un tiempo de cuatro meses, podemos observar que dentro de la planta existen colectores que no presentan resultados por ser de tipo pluvial o en algún otro por que no existía flujo al momento del muestreo, por otro lado, en los resultados se muestran los límites máximos para la muestra promedio (compuesta) y para la muestra instantánea (simple), y que en algunos casos estos límites son superados pero no se considera de alto riesgo por provenir de un parámetro físico como por ejemplo el de sólidos sedimentables y que en consecuencia es corregido mediante el uso de canastillas portables colocadas en los colectores. Para los parámetros químicos, no existe problema de altas cantidades de metales pesados, inclusive existen resultados que son totalmente no detectados por ser mínima su concentración, y que además se encuentran en cantidades menores a las concentraciones estandar mencionadas en la Tabla 4.

Este proyecto se considera como una guía para el establecimiento de un sistema y técnicas de análisis reproducibles en cualquier planta automotriz ya que nos habla de un sistema sencillo como es mencionado en las generalidades y que contempla básicamente tres etapas que son coagulación, sedimentación y filtración y que nos permite encontrarnos dentro de las diferentes leyes, normas o estatutos ecológicos establecidos.

Finalmente respecto a nuestro objetivo, podemos mencionar que se cumple en su totalidad por los resultados obtenidos y que además de ello se contribuye también a un

esfuerzo nacional para la eliminación de la contaminación ya sea del agua o del aire y nos damos cuenta que nuestro país alcanza logros no solo en aspectos de tecnología y avance, sino que también se pueden preservar todos esos recursos naturales con los que aún contamos.

7. BIBLIOGRAFIA.

- ¹ American society for testing and materials. En Manual de aguas para uso industrial. Ed. Ciencia y técnica grupo Noriega editores. Vol. 3
- ² Bates, R.G. 1978. Concept and determination of pH. In I.M. Kolthoff and P.J. Elving, Eds. Treatise on Analytical Chemistry. Part 1, vol. 1, p. 821 Wiley-Interscience, New York, N.Y.
- ³ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Teoría , Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del Agua. Ed. Organización Panamericana de Salud. Lima, Peru, 1975.
- ⁴ Clesceri, Lenore, E. Greenberg, Arnold, Rhodes Trussell, R. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1989. 17th Edition. Ed. American Public Health Association. p. 3-8.
- ⁵ Clesceri; L. Greenberg; A., Trussell; R. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1989. p. 3-63. 17th edition.
- ⁶ Clesceri; L. Greenberg; A., Trussell; R. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1989. p. 3-90. 17th edition.
- ⁷ Clesceri; L. Greenberg; A., Trussell; R. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1989. p. 3-141. 17th edition.
- ⁸ Durst, R.A. 1975. Standard Reference Materials: Standardization of pH Measurements. NBS Spec. Publ. 260-53, National Bur. Standards, Washington, D.C.
- ⁹ Jones, G. and B.C. Bradshaw. 1933. The Measurement of the Conductance of Electrolyte. V. A Redetermination of the Conductance of Standard Potassium Chloride Solutions in Absolute Units. J. Amer. Chem. Soc. 55:1780
- ¹⁰ Lind, J.E., J.J. Zwolenik and R.M. Fuoss. 1959. Calibration of Conductance Cells at 25°C Whit Aqueous Solutions of Potassium Chloride. J. Amer. Chem. Soc. 81:1557.

- 11 Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91. Diario Oficial de la Federación. 1991. p. 74, 75.
- 12 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-46-1981. Aguas.-Determinación de Arsénico. 1982. Diario Oficial de la Federación. p. 7.
- 13 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-60-1981. Aguas.-Determinación de Cadmio. 1982. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección. p. 8.
- 14 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-5-1980. Aguas.-Determinación de Grasas y Aceites. 1980. Diario Oficial de la Federación. p. 37.
- 15 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-39-1980. Agua.- Determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno (detergentes). 1980. Diario Oficial de la Federación. Primera Sección. p. 8.
- 16 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-7-1980. Aguas.-Determinación de la temperatura. 1980. Diario Oficial de la Federación. Primera sección. p. 9.
- 17 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-66-1981.- Análisis de Agua- Determinación de Cobre-Método colorimétrico de la Neocoproina. 1982. Diario Oficial de la Federación. p. 5.
- 18 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-44-1981.-Análisis de Agua. Determinación de Cromo Hexavalente. (Método Colorimétrico). Diario Oficial de la Federación. p. 17.
- 19 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-50-1981. Análisis de Agua.- Determinación de Fenoles. 1982. Diario Oficial de la Federación. Primera Sección. p. 15.
- 20 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-77-1982.-Análisis de Agua. Determinación de Fluoruros. Diario Oficial de la Federación. p. 8.
- 21 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-77-1981.-Análisis de Agua. Determinación de Mercurio. Método Colorimétrico de la Ditizona. 1982. Diario Oficial de la Federación. p. 15.

- 22 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-76-1982.-Análisis de Agua. Determinación de Niquel. 1982. Diario Oficial de la Federación. Primera Sección. p.81.
- 23 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-57-1981.-Análisis de Agua. Determinación de Plomo. Método Colorimétrico de la Ditizona. Diario Oficial de la Federación. p. 15.
- 24 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-78-1982. Análisis de Agua.- Determinación de Zinc. Diario Oficial de la Federación. Primera Sección. p. 3.
- 25 Norma Oficial Mexicana NOM-AA-14-1980. Cuerpos Receptores.- Muestreo. 1980. Diario Oficial de la Federación. Primera Sección. p. 5.
- 26 Norma Oficial Mexicana DGN-AA-4-1977. Determinación de sólidos sedimentables en agua. 1977. Diario Oficial de la Federación. p 3.
- 27 Trees, C.C. 1978. Analytical Analysis of the Effect of Dissolved Solids on Suspended Solids Determination. *J. Water Pollut. Control Fed.* 50:2370
- 28 W. Ernest, Steel. Abastecimiento de Agua y alcantarillado. Ed. Gustavo Gili S.A.. 3a. Edición. Barcelona, Esp. 1965.