

130  
24-



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UNA  
PLANTA EXISTENTE PARA EL TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADO DE AUTOS.

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

**INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA:

**NORMA ROSAS ARRIAGA**

MÉXICO, D.F.

1998.

26/551

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Jurado asignado :

Presidente	Prof. Saldívar Osorio Liliana
Vocal	Prof. Torres Barrera Rodolfo
Secretario	Prof. Luna Pabello Víctor Manuel
1er. Suplente	Prof. López Martínez José Luis
2do. Suplente	Prof. Sámano Castillo José Sabino

## Sitio donde se desarrolló el tema :

Autolavado "Car Wash"

Av. Victoria 3809 Col. Tres Estrellas  
Delegación Gustavo A. Madero

Asesor : Dra. Liliana Saldívar Osorio



Supervisor Técnico : Dr. Julio Landgrave Romero



Sustentante : Norma Rosas Arriaga



SOY HOMBRE Y DURO POCO  
PERO MIRO HACIA ARRIBA,  
LAS ESTRELLAS ESCRIBEN  
SIN ENTENDER COMPRENDO,  
TAMBIEN SOY ESCRITURA  
Y EN ESTE PRECISO INSTANTE  
ALGUIEN ME DELETREA.

OCTAVIO PAZ.

# ÍNDICE

## RESÚMEN

## INTRODUCCIÓN

TABLA 1. VARIACIONES EN EL CONSUMO  
DE AGUA INDUSTRIAL

## OBJETIVO

## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES GENERALES

1

TABLA 2. CENSO DE AUTOLAVADOS  
EN LA REPÚBLICA MEXICANA, 1989.

GRÁFICA 1. GRÁFICA DE TABLA 2

TABLA 3. CENSO DE AUTOLAVADOS.

EN LA REPÚBLICA MEXICANA, 1994

GRÁFICA 2. GRÁFICA DE TABLA 3

GRÁFICA 2A. GRÁFICA DE TABLA 3

TABLA 4. CENSO DE AUTOLAVADOS

EN EL DISTRITO FEDERAL, 1989.



**CAPÍTULO III**

DATOS DE LA PLANTA Y REDISEÑO DEL SISTEMA	28
PRUEBA DE JARRAS	30
TÉCNICA EXPERIMENTAL	31
DATOS GENERALES DEL AUTOLAVADO	33
TABLA 6. COSTOS MENSUALES DE MATERIA PRIMA	
TABLA 7. LAVADOS POR MES	
GRÁFICA . GRÁFICA DE TABLA 7	
TABLA 8. COSTOS MENSUALES DEL AUTOLAVADO	
GRÁFICA 6. GRÁFICA DE TABLA 8	
TABLA 9. LAVADOS POR DÍA	
GRÁFICA 7. GRÁFICA DE TABLA 9	
TABLA 10. PIPAS DE AGUA POR MES	
GRÁFICA 8. GRÁFICA DE TABLA 10	
TABLA 11. LITROS DE AGUA POR MES	
GRÁFICA 9. GRÁFICA DE TABLA 11	
TABLA 12. LITROS DE AGUA POR DÍA	
GRÁFICA 10. GRÁFICA DE TABLA 12	
DATOS Y NOMENCLATURA	38
CÁLCULOS	39
DIAGRAMA 4 . DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTACON ADAPTACIÓN DE UNA NUEVA FASE	

---

**CAPÍTULO IV**

COMPROBACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

TRATADA 47

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE JARRAS 52

**CAPÍTULO V**

CONCLUSIONES 57

**BIBLIOGRAFÍA**

# RESÚMEN

El agua de desecho tanto de la industria como de uso doméstico contiene una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos que en la mayoría de los casos daña y contamina al ambiente, es por eso que esta tesis propone la adición de una nueva fase, coagulación-floculación y el agua que se obtiene se puede volver a utilizar para el lavado de autos, en este caso dos veces, pues adaptando el equipo que se sugiere, el agua se puede reciclar dos veces sin que deje manchas en la pintura de los automóviles, o bien, se puede desechar al alcantarillado ya que cumple con lo que se establece en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana correspondiente. Adicionalmente la inversión que se hace en el equipo necesario, es viable, pues si en este momento la inflación es del 20%, la tasa interna de retorno que se obtiene es del 87.00% y comparando los casos 1 y 2 que se proponen, se sabe que la adaptación es conveniente, ya que se evitan problemas a futuro con la autoridad correspondiente y también representa un beneficio para la empresa.

# INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de las actividades económicas, es irremplazable, no ampliable por la mera voluntad del hombre, irregular en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos.

Asimismo el agua constituye un recurso unitario, que se renueva a través del ciclo hídrico y que conserva, a efectos prácticos, una magnitud casi constante dentro de cada una de las cuencas hídricas del país. (Snoeyink, L., 1987).

Las condiciones de vida han experimentado en un breve intervalo de tiempo tantas modificaciones que han dado lugar a una verdadera florescencia de fuentes contaminantes del ambiente.

Ríos y lagos tienen una carga contaminante que no hace más que aumentar día tras día, procedente de las aglomeraciones densamente pobladas e industrializadas. Los abusos auténticamente criminales que se cometen en materia de contaminación constituyen delitos altamente calificados contra la naturaleza.

Los residuos sólidos, vertidos industriales y agrícolas completan el panorama actual, donde la actividad humana atenta contra su propia salud. El progreso tecnológico ha modificado profundamente las condiciones de vida, haciéndolas cada vez más peligrosas. Es un problema ambiental de primer orden.

Hoy en día nadie duda en el mundo de civilización avanzada que la dotación de condiciones de salubridad, en la que ocupa un lugar preferentísimo el agua, es la base indispensable de toda actividad encaminada a

garantizar la salud pública fundamental para el progreso social, cultural y económico.

Pero allí donde la pobreza, ignorancia y la enfermedad siguen reinando, las enfermedades siguen diezmando a las poblaciones y constituyen perennes focos latentes de contagio.

El agua de desecho tanto de la industria como de fuentes agrícolas y domésticas, contiene una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos, que algunas veces favorece, pero en la mayoría de los casos contamina y daña al ambiente.

El uso del agua dentro de la industria varía mucho debido a las condiciones de precio, disponibilidad y tecnología de los procesos (Tabla 1).

Cuando está disponible un suministro suficiente de agua, de calidad adecuada a un precio bajo, las fábricas tienden a usar los volúmenes máximos. Cuando el agua es escasa y costosa en un sitio por lo demás deseable para una planta, las mejoras en los procesos y una administración cuidadosa del agua pueden reducir el consumo de agua al mínimo.

La contaminación se puede definir como la devolución a un suministro de agua natural, aguas de desecho que contienen ingredientes que degradan en forma significativa la calidad del suministro de agua para usuarios posteriores.

La mayoría de los países tienen reglamentos para controlar la contaminación y cuando hay aguas comunes para varios estados y países se han establecido entidades internacionales e interestatales que regulan conjuntamente. (Gaynor, D., 1986).

En el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996 se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado de las plantas, de sólidos, turbidez, toxicidad, color, pH, temperatura, aceites y grasas, sabor y olor. (Diario Oficial de la Federación, 1997).

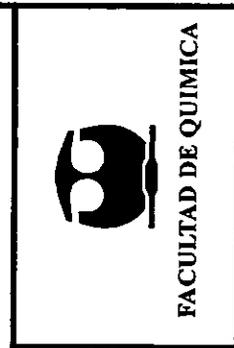
PRODUCTO O USUARIO Y UNIDAD	CONSUMO EN GALONES		
	MÁXIMO	TÍPICO	MÍNIMO
Plantas termoeléctricas por kw/h	170	80	1.32
Refinación del petróleo, por galón de crudo	44.5	18.3	1.73
Acero, por tonelada terminada	65000	40000	1.400
Jabones, aceites comestibles, por libra	7.5	-	1.57
Recipientes de vidrio, por tonelada	667	-	118
Automóviles, por unidad	16000	-	12000
Papel de periódico, por tonelada	26000	-	6000
Empacadoras, por tonelada	2500	-	1200

DATOS DE WOLMAN, AAAS. 1987

**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**TAB 1**  
 NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERIA QUIMICA  
 U.N.A.M.

VARIACIONES EN EL  
 CONSUMO DE AGUA  
 INDUSTRIAL



# OBJETIVO

EL OBJETIVO DE ESTA TESIS ES INCREMENTAR UN PASO MÁS A LA PLANTA EXISTENTE PARA LOGRAR LA OBTENCIÓN DE UN AGUA, QUE SI BIEN YA NO SE PUEDE VOLVER A UTILIZAR PARA EL LAVADO, SE PUEDA DESECHAR AL ALCANTARILLADO, CUMPLIENDO CON EL PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA CORRESPONDIENTE (NOM-002-ECOL-1996).

# CAPÍTULO I

## **ANTECEDENTES GENERALES**

La descarga del agua para evitar la contaminación se ha hecho, en su mayor parte, mediante la dilución en cuerpos grandes de agua o por precolación o filtración al suelo. Cuando estos medios son insuficientes, la eliminación adecuada puede requerir tratamientos físicos, químicos y biológicos.

Los tratamientos físicos comprenden sedimentación, flotación, centrifugación y filtración. El tratamiento químico incluye la coagulación o neutralización y ozonización. (Raiswell, R., 1983).

Se sabe que el interés primordial del tratamiento de aguas, en este caso, es incrementar un paso más a la planta que se tiene para lograr la obtención de agua, que si bien ya no se puede volver a utilizar para el lavado de autos, se pueda desechar sin causar problemas cumpliendo con el Proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-002-ECOL-1996, es decir, que se encuentre dentro de los límites máximos permisibles y si al hacer ésto, se pueden disminuir los costos, sería importante para la empresa, ya que puede servir de ejemplo a autolavados<sup>1</sup> de que no tienen plantas de tratamiento de aguas o que son clandestinos, pues simplemente gastan más dinero comprando pipas de agua que en algunos casos, como se sabe no es tratada, sino potable y que además de todo contaminan.

Como se puede ver en las Tablas 3 y 5 de este capítulo son muchos los autolavados que hay en el Distrito Federal y a nivel República Mexicana y son los que han sido censados, si se suman la cantidad de litros de agua que se desechan sin darles algún tratamiento se daría uno cuenta del grave problema que se tiene, pero también si estos autolavados dieran tratamiento al agua de desecho, se vería el beneficio que se hace a favor de todos los mexicanos y al resto del mundo.

---

<sup>1</sup> Se menciona como tal a los centros donde se realizan los lavados

A continuación se presentan las tablas de los censos de autolavados realizados a nivel República Mexicana y Distrito Federal de 1989 a 1994.

Cada una de las tablas tiene el porcentaje de incremento y su gráfica respectiva para observar en detalle y minuciosamente los cambios que se presentaron en este periodo.

NÚMERO	ESTADO	AUTOLAVADOS
--------	--------	-------------

1	AGUASCALIENTES	665
2	BAJA CALIFORNIA	1976
3	BAJA CALIFORNIA SUR	546
4	CAMPECHE	411
5	CHIAPAS	1956
6	CHIHUAHUA	454
7	COAHUILA	1668
8	COLIMA	2463
9	DISTRITO FEDERAL	10073
10	DURANGO	944
11	GUANAJUATO	2661
12	GUERRERO	1066
13	HIDALGO	1259
14	JALISCO	4967
15	MÉXICO	5778
16	MICHOACÁN	2479
17	MORELOS	947
18	NAYARIT	821
19	NUEVO LEÓN	3348
20	OAXACA	1213
21	PUEBLA	2496
22	QUERÉTARO	721
23	QUINTANA ROO	328
24	SAN LUIS POTOSÍ	1492
25	SINALOA	2261
26	SONORA	2075
27	TABASCO	723
28	TAMAULIPAS	2922
29	TLAXCALA	586
30	VERACRUZ	4404
31	YUCATÁN	1186
32	ZACATECAS	780

<b>TOTAL</b>	<b>66119</b>
--------------	--------------

INEGI, 1989.

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS.

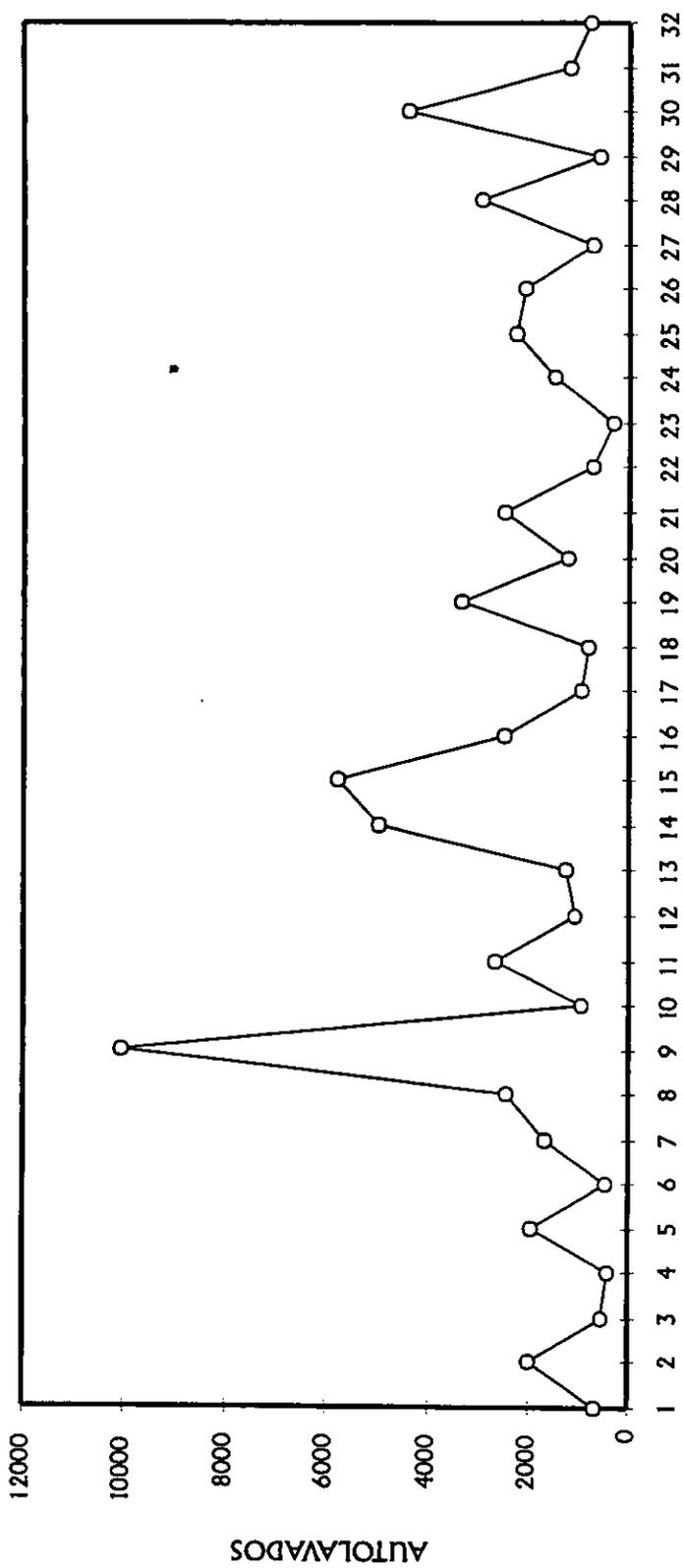
**TAB 2**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

CENSO DE  
AUTOLAVADOS  
EN LA REPÚBLICA  
MEXICANA 1989



FACULTAD DE QUÍMICA



ESTADOS

**TESIS**  
 ADAPCIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 1**  
 NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERIA QUIMICA  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 2**



NUMERO	ESTADO	AUTOLAVADOS	INCREMENTO DE 1989-1994
--------	--------	-------------	-------------------------

1	AGUASCALIENTES	1153	11.11
2	BAJA CALIFORNIA	3755	11.37
3	BAJA CALIFORNIA SUR	810	10.82
4	CAMPECHE	693	11.1
5	CHIAPAS	3576	11.28
6	CHIHUAHUA	827	11.27
7	COAHUILA	2920	11.18
8	COLIMA	4722	11.39
9	DISTRITO FEDERAL	12928	10.51
10	DURANGO	1693	11.23
11	GUANAJUATO	4549	11.13
12	GUERRERO	1984	11.32
13	HIDALGO	2249	11.23
14	JALISCO	8401	11.1
15	MÉXICO	11333	11.44
16	MICHOACÁN	4473	11.25
17	MORELOS	1877	11.46
18	NAYARIT	1234	10.84
19	NUEVO LEÓN	5745	11.14
20	OAXACA	2299	11.36
21	PUEBLA	5359	11.65
22	QUERÉTARO	1337	11.31
23	QUINTANA ROO	780	11.89
24	SAN LUIS POTOSÍ	2448	11.04
25	SINALOA	3623	10.98
26	SONORA	3801	11.28
27	TABASCO	1479	11.53
28	TAMAULIPAS	5047	11.15
29	TLAXCALA	1170	10.48
30	VERACRUZ	6918	10.94
31	YUCATÁN	1985	11.08
32	ZACATECAS	1550	11.47

<b>TOTAL</b>	<b>112718</b>	<b>11.20%</b>
--------------	---------------	---------------

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

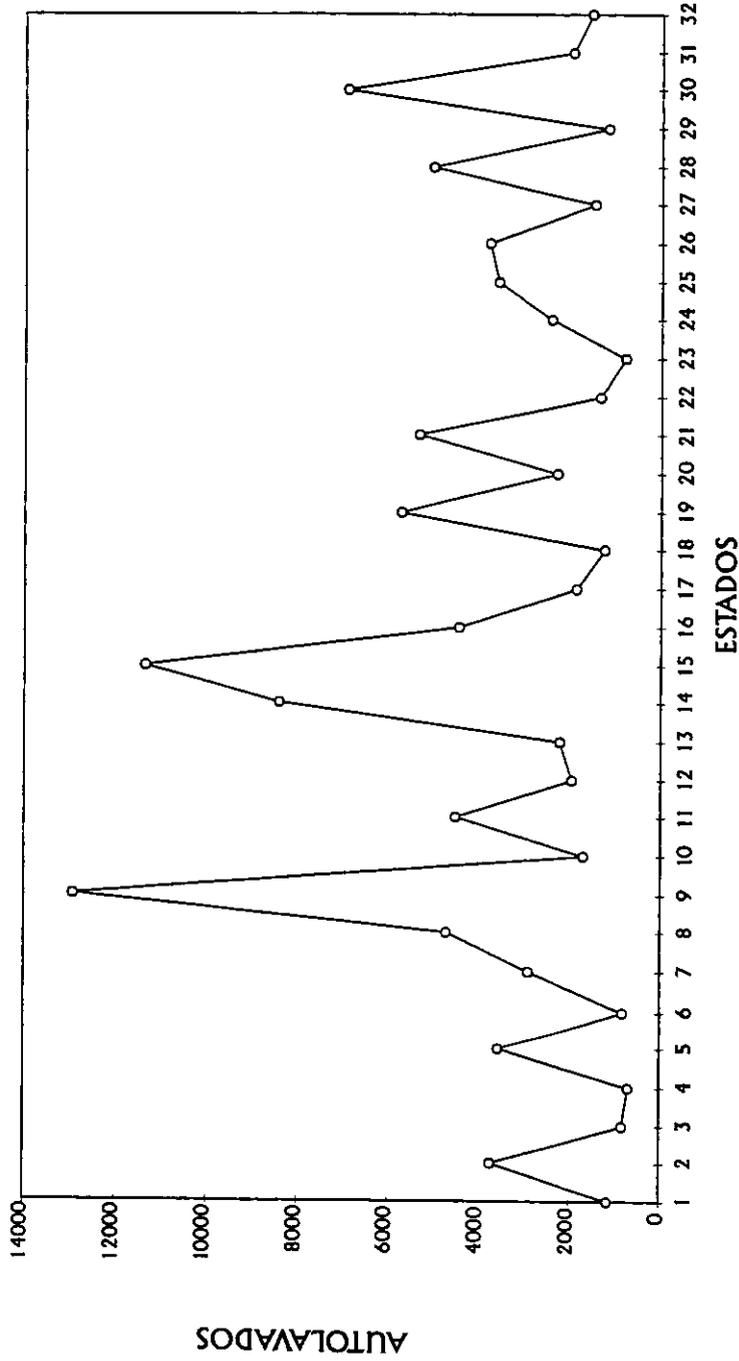
**TAB 3**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

CENSO DE  
AUTOLAVADOS  
EN LA REPÚBLICA  
MEXICANA 1994



FACULTAD DE QUÍMICA



FACULTAD DE QUIMICA

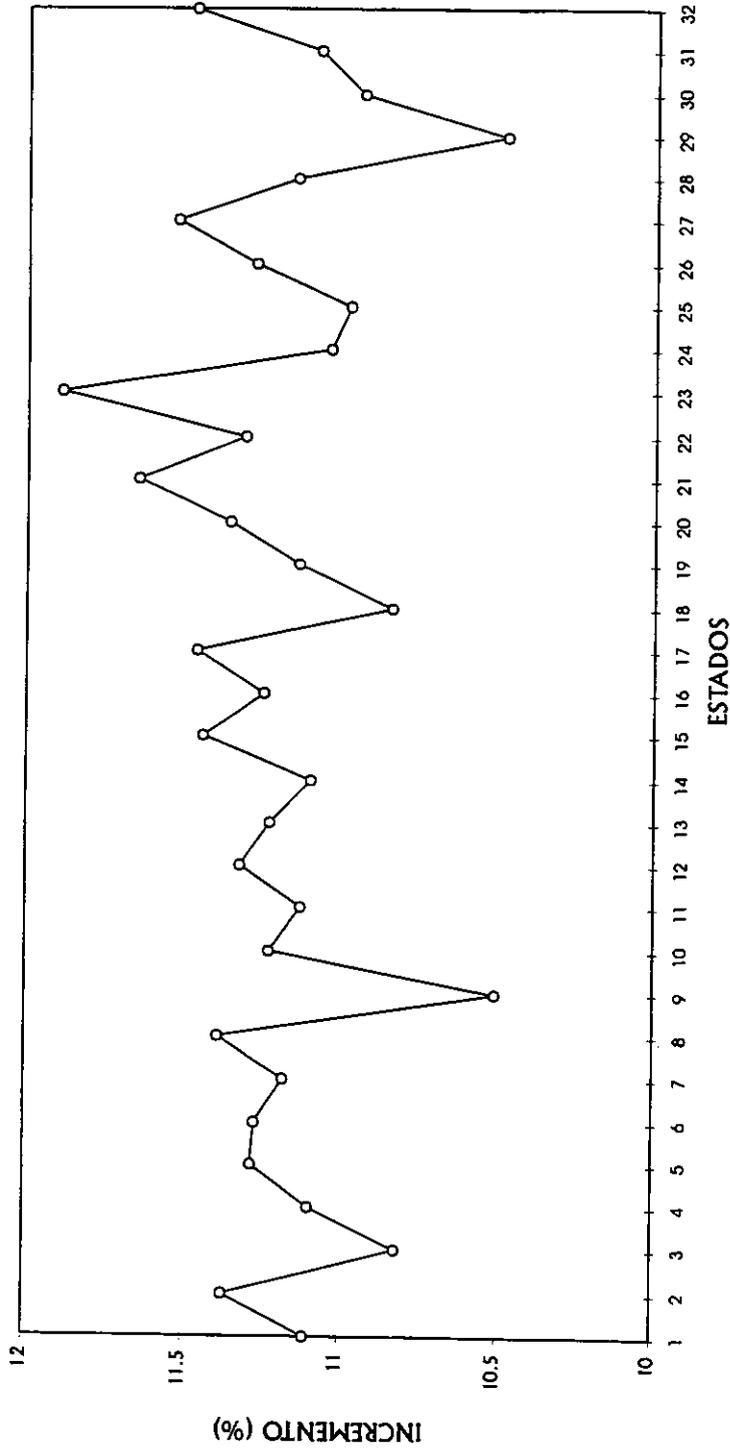
# GRÁFICA 3 DE TABLA 3

## GRA 2

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

### TESIS

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS



**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 2A**  
 NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERIA QUÍMICA  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 3**



FACULTAD DE QUÍMICA

<b>NÚMERO</b>	<b>DELEGACIÓN</b>	<b>AUTOLAVADOS</b>
---------------	-------------------	--------------------

1	ALVARO OBREGON	546
2	AZCAPOTZALCO	744
3	BENITO JUAREZ	925
4	COYOACÁN	470
5	CUAJIMALPA	94
6	CUAUHTEMOC	1294
7	GUSTAVO A. MADERO	1670
8	IZTACALCO	583
9	IZTAPALAPA	1370
10	MAGDALENA CONTRERAS	107
11	MIGUEL HIDALGO	600
12	MILPA ALTA	47
13	TLAHUAC	172
14	TLALPAN	293
15	VENUSTIANO CARRANZA	946
16	XOCHIMILCO	212

<b>TOTAL</b>	<b>10073</b>
--------------	--------------

INEGI, 1989.

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

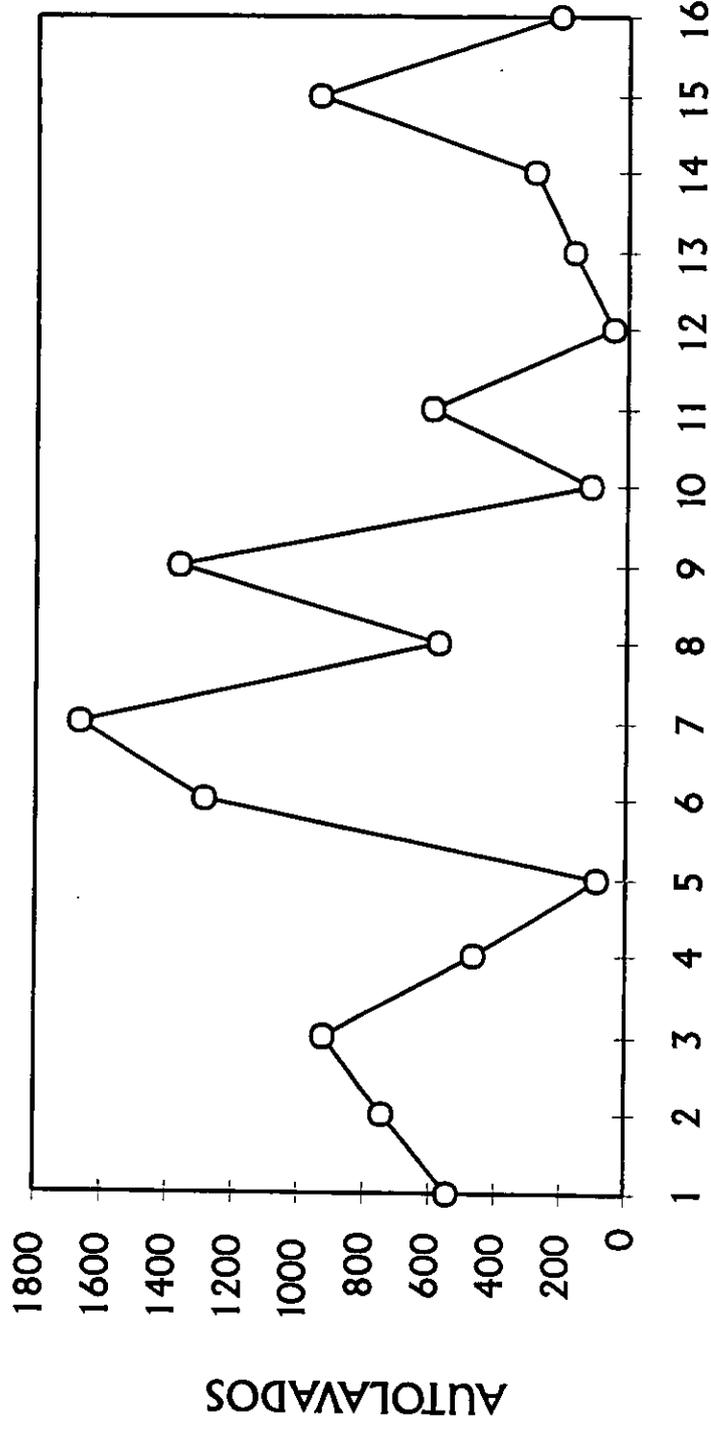
**TAB 4**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

CENSO DE  
AUTOLAVADOS EN EL  
DISTRITO FEDERAL  
1989



FACULTAD DE QUÍMICA



DELEGACIONES

**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 3**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERIA QUÍMICA  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 4**



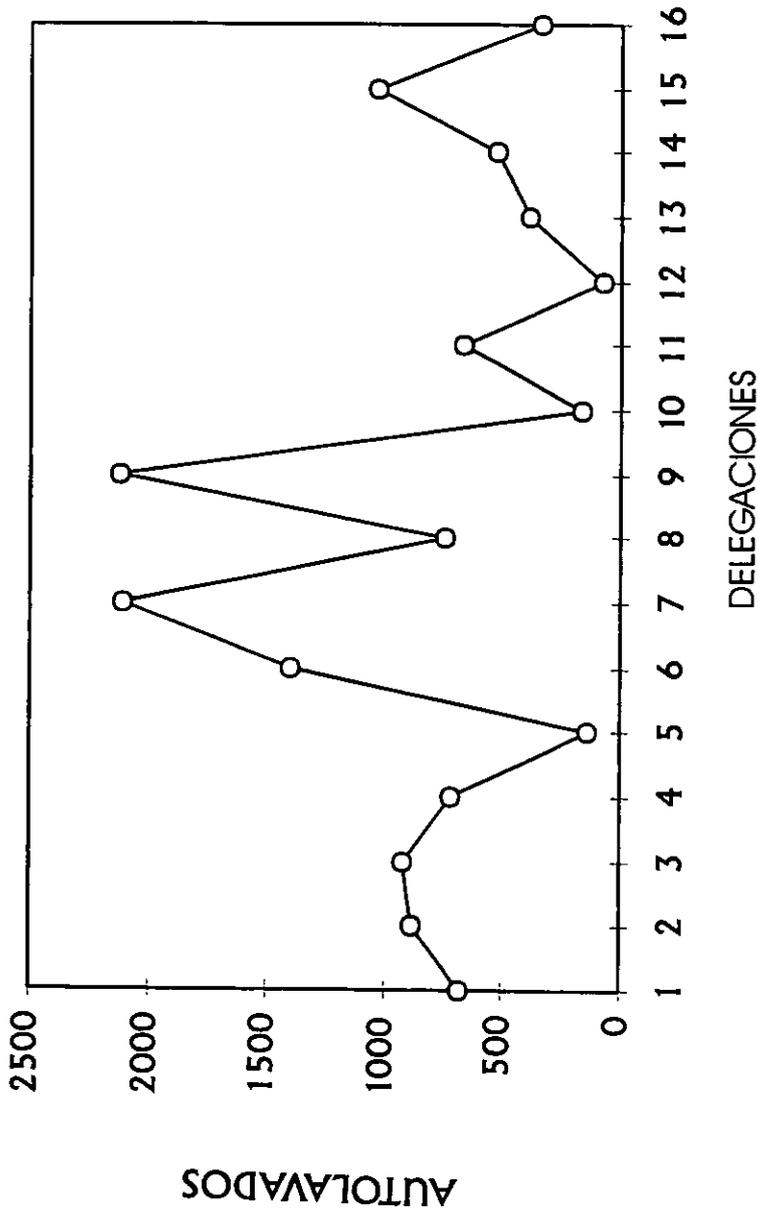
FACULTAD DE QUÍMICA

NUMERO	DELEGACIÓN	AUTOLAVADOS	INCREMENTO DE 1989-1994
--------	------------	-------------	-------------------------

1	ÁLVARO OBREGÓN	680	10.44
2	AZCAPOTZALCO	879	10.33
3	BENITO JUÁREZ	926	10
4	COYOACAN	724	10.9
5	CUAJIMALPA	137	10.78
6	CUAUHTÉMOC	1396	10.15
7	GUSTAVO A. MADERO	2103	10.47
8	IZTACALCO	747	10.5
9	IZTAPALAPA	2124	10.91
10	MAGDALENA CONTRERAS	170	10.97
11	MIGUEL HIDALGO	663	10.2
12	MILPA ALTA	81	11.15
13	TLÁHUAC	390	11.77
14	TLALPAN	528	11.25
15	VENUSTIANO CARRANZA	1039	10.18
16	XOCHIMILCO	341	10.99

<b>TOTAL</b>	<b>12928</b>	<b>10.68%</b>
--------------	--------------	---------------

<p><b>TESIS</b>  <small>ADSCRIPCIÓN Y REGISTRO DE          LA INFORMACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE          AGUAS RESIDUALES DE          UNIDAD DE AURIC</small></p>	<p><b>TAB 5</b></p>	<p><b>CENSO DE          AUTOLAVADOS EN EL          DISTRITO FEDERAL          1994</b></p>	 <p>FACULTAD DE QUÍMICA</p>
<p><small>NORMA ROSAS ARRIAGA          INGENIERÍA QUÍMICA          U.N.A.M.</small></p>			

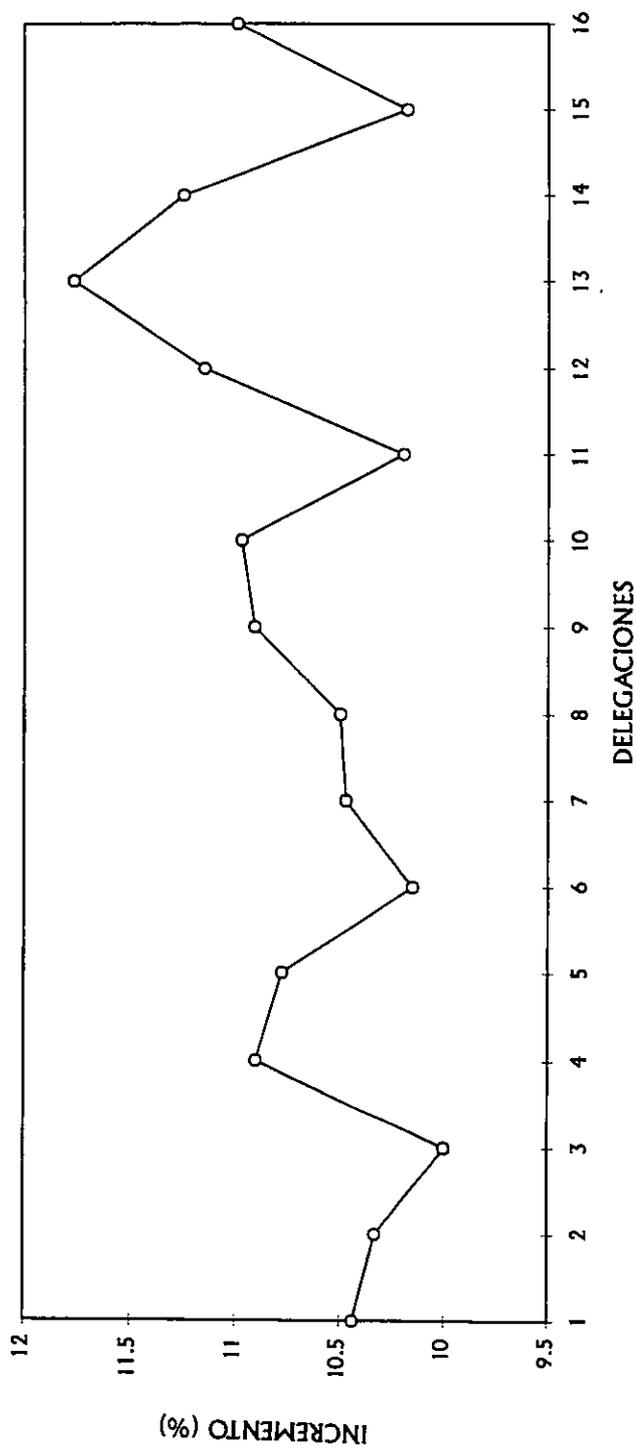


**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 4**  
 NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERÍA QUÍMICA  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 5**





**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

**GRA 4A**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERIA QUIMICA  
U.N.A.M.

**GRÁFICA  
DE TABLA 5**



FACULTAD DE QUIMICA

Como se puede observar en las gráficas anteriores, en los últimos cinco años se ha tenido un incremento anual promedio de 11.22% a nivel República Mexicana y del 10.68% en el Distrito Federal.

Sin embargo, en el estado de Quintana Roo se tiene el más alto porcentaje (11.89%) en el incremento de autolavados y en el Distrito Federal corresponde a la delegación Tláhuac con un 11.77%.

En pocos de los centros que fueron censados se le da tratamiento al agua residual y si se suman los autolavados "clandestinos" se puede uno dar cuenta de la cantidad de agua que realmente se desperdicia.

A continuación se da una breve descripción de algunos tipos de tratamiento químico y físico más importantes y comunes que intervienen en el tratamiento de aguas residuales.

## TRATAMIENTO QUÍMICO

La separación de compuestos contaminantes en aguas residuales por tratamiento químico es en extremo una tecnología importante para procesar residuos, pues enormes cantidades de residuos son eliminados por medio de este tratamiento.

La neutralización de aguas residuales ácidas o básicas es un ejemplo típico de este tipo de reacción, aunque los componentes tóxicos como el  $H^+$  y  $OH^-$  en estas aguas residuales se pueden reducir por debajo de los niveles peligrosos en equipos relativamente sencillos.

Las reacciones de óxido-reducción también pueden llevarse a cabo con alta eficiencia en aguas residuales.

## COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

El tratamiento de aguas residuales industriales y municipales por coagulación-floculación es usado para la remoción de contaminantes.

Se emplea particularmente para remover los metales pesados como residuos de las aguas residuales.

Aunque los términos "coagulación" y "floculación" describen diferentes fenómenos o procesos, se han discutido conjuntamente porque están íntimamente relacionados.

Los coagulantes como el aluminio, sales de hierro y calcio son efectivos para la remoción de metales pesados solubles.

En adición, para separar los contaminantes tóxicos provenientes de las aguas residuales, la coagulación-floculación, cubre las necesidades de remover la materia suspendida en la corriente de alimentación como son los procesos de intercambio iónico y adsorción en columnas de carbón activado.

La coagulación y floculación se llevan a cabo usualmente en dos pasos. Los coagulantes como el aluminio, sales de hierro, calcio y polímeros son añadidos a un tanque de mezcla rápida, donde dichos materiales se dispersan rápidamente para precipitarse y recolectar las partículas finas de material.

El efluente que proviene del tanque de mezcla rápida fluye al tanque de floculación, donde con agitación lenta permite a las pequeñas partículas coagulantes hacerse más grandes para que se sedimenten y el efluente que proviene del tanque floculante generalmente se dirige hacia un filtro, si la cantidad de sólidos es poca, o a un tanque sedimentador si la cantidad de sólidos es mayor.

## LÁMPARAS DE OZONO

El ozono es un agente oxidante poderoso que debe ser usado inmediatamente que se genera, por su inestabilidad. El ozono es un gas formado por el paso del oxígeno o aire de paso con una descarga eléctrica producida entre dos electrodos altamente cargados.

El proceso para producir ozono padece de una baja eficiencia (sólo el 10% de la energía eléctrica se aprovecha para convertir  $O_2$  a  $O_3$ ) y sólo un pequeño porcentaje de oxígeno se convierte en ozono.

No obstante, el alto poder oxidante del ozono lo hace útil y le permite ser un producto empleado para la oxidación completa de compuestos que contienen Carbono, Hidrógeno y Oxígeno (agua y  $CO_2$  son los productos).

Como regla general, el ozono se utiliza para eliminar trazas orgánicas. El costo principal para la ozonación es la generación misma, si el ozono se necesita en grandes cantidades, hace al proceso muy caro.

## TRATAMIENTO FÍSICO

Los principales procesos físicos usados para separar contaminantes disueltos de aguas residuales son adsorción con carbón activado, evaporación, ósmosis inversa y extracción con disolventes.

Existen otros procesos de separación que son potencialmente aplicables al tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, electrólisis, diálisis y cristalización, sin embargo, estos procesos no han sido desarrollados con un alcance significativo en gran escala en plantas de tratamiento de aguas residuales.

El análisis de las aguas residuales es un factor muy importante para la selección del proceso de separación.

El costo de la adsorción con carbón activado está directamente relacionado con la concentración de contaminantes que deben ser eliminados del agua residual.

También son importantes en la selección del método de remoción físico que se habrá de utilizar. Las características químicas y físicas de los contaminantes que se necesitan eliminar.

## ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO

La remoción de sustancias orgánicas e inorgánicas del agua con carbón activado se logra satisfactoriamente en todo el proceso de adsorción, el cual consiste en la acumulación de sustancias en la superficie del carbón.

Asimismo, para permitir el acceso a la superficie hay factores muy importantes en la determinación de eficiencias de adsorción como son: una gran área superficial por unidad de peso y una estructura porosa conveniente.

La naturaleza química de la superficie del adsorbente es mucho menos significativa que la cantidad de área superficial. El área superficial del carbón activado típicamente comercial está en el intervalo de 580 a 1400 m<sup>2</sup>/g. Las variaciones en el comportamiento del carbón activado comercial están relacionadas con la cantidad de área superficial, la estructura porosa y la naturaleza química.

La solubilidad del compuesto orgánico en el agua es generalmente una guía muy usada para determinar qué tanto puede ser adsorbido el compuesto por el carbón activado. Los compuestos orgánicos insolubles (hidrofóbicos) normalmente son buenos candidatos para la adsorción con carbón.

Se utiliza extensamente la adsorción con carbón en aplicaciones industriales para la remoción de residuos presentes en aguas residuales.

## TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO

Dependiendo de cada industria, se puede utilizar la purificación fisicoquímica en la etapa intermedia o final del tratamiento. Esta tiene las siguientes funciones:

- precipitación de metales y sales ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ , etc).
- remoción de aceites en emulsiones.

Dependiendo del tipo de proceso (cristalización, precipitación, adsorción o floculación), el tratamiento puede consistir en clarificar el agua de diferentes formas:

- unidades de flotación o sedimentación para la remoción de aceites, fibras y pigmentos.
- laminillas clarificadoras para la precipitación de los hidróxidos.
- filtros de gránulo medio, para agua con bajo contenido de aceites.

La optimización de los procedimientos de purificación y los espacios reducidos son la llave de los parámetros en el tratamiento fisicoquímico.

Dependiendo de las circunstancias el tratamiento puede ser combinado con lo siguiente:

- neutralización
- oxidación o reducción. (Sheppard, T., 1970).

La remoción de grasas y aceites es el último tratamiento que se describe, en particular más detalladamente, pues es el problema que se tenía en la planta de tratamiento de aguas residuales existente.

Anteriormente se habían realizado análisis al agua residual y se sabía que el problema con el agua era la cantidad de grasas y aceites que tenía. Es por este motivo que la información que se da a continuación es importante, pues menciona algunos de los métodos utilizados para remover las grasas y aceites de las aguas residuales, los reactivos y el procedimiento para realizarlo. En este caso, el método Soxhlet.

## REMOCIÓN DE GRASAS Y ACEITES

Las grasas son productos sólidos, de origen animal o vegetal, se presentan en pequeñas cantidades en algunas industrias de alimentos, agricultura, etc., en tanques de almacenamiento, lagunas, estanques, etc. Están presentes también en forma de partículas libres o más frecuentemente unidas con diferentes sólidos suspendidos. La técnica de separación permite su recolección, no sólo de la propia grasa, sino también de productos flotantes como residuos vegetales, animales, jabón, detergentes, elastómeros, plásticos, etc.

"Aceites" es el nombre que se le da a varios productos líquidos, tales como aceites vegetales, aceites minerales y algunos hidrocarburos. Si se presentan solamente como trazas (por ejemplo en la superficie del agua), se pueden separar por adsorción o filtración.

La remoción de aceite es un procedimiento de separación líquido/líquido, mientras que la de las grasas es líquido/sólido.

En la determinación de aceite y grasa no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica. Más bien, se determinan cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano.

“Aceite y grasa” es cualquier material recuperado como sustancia soluble en triclorotrifluoroetano. Incluye otros materiales extraídos por el disolvente de una muestra acidificada (tales como los compuestos de azufre, ciertos tintes orgánicos y la clorofila) y no volatilizados durante la prueba.

Los siguientes métodos son adecuados para los lípidos biológicos y los hidrocarburos minerales. Pueden ser también apropiados para la mayoría de las aguas residuales industriales o de los efluentes tratados que contengan estos materiales, aunque la complejidad de la muestra puede dar resultados bajos o altos debido a la ausencia de especificidad analítica.

Ciertos componentes medidos por análisis de aceite y grasa pueden influir en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales. Si se presentan en cantidades excesivas, pueden interferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios y llevan a reducir la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.

Cuando son arrojados a las aguas residuales o a los efluentes tratados, pueden crear películas de superficie y depósitos de borde de playa que llevan a la degradación del ambiente.

Es útil conocer la cantidad de aceite y grasa presente, para el diseño y el funcionamiento adecuado de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Para las muestras líquidas se presentan tres métodos:

- a) método de partición-gravimetría
- b) método de partición-infrarrojo
- c) método Soxhlet

En el primero de los métodos (a), el aceite o la grasa disuelta o emulsionada es extraída del agua por íntimo contacto con el triclorotrifluoroetano. Algunas grasas y ácidos grasos no saturados, extraíbles, se oxidan con rapidez, en consecuencia se incluyen precauciones especiales con respecto a la temperatura y desplazamiento de vapor del disolvente para reducir este efecto.

El triclorotrifluoroetano tiene la capacidad de disolver no sólo aceite y grasa sino también otras sustancias orgánicas. Ningún disolvente conocido disolverá de forma selectiva sólo aceite y grasa.

La eliminación del disolvente tiene como resultado la pérdida de los hidrocarburos de cadena corta y aromáticos sencillos por volatilización.

En este proceso se pierden cantidades significativas de destilados del petróleo desde la gasolina hasta el aceite combustible no.2. Además, los residuos más pesados del petróleo pueden contener una porción significativa de los materiales que no son extraíbles con el disolvente.

Aunque en el método de partición-infrarrojo el procedimiento de extracción es idéntico que el de partición-gravimetría, la detección infrarroja permite medir muchos hidrocarburos relativamente volátiles. Por tanto, los destilados ligeros del petróleo con excepción de la gasolina, pueden ser medidos con exactitud. La instrumentación adecuada permite determinar concentraciones tan pequeñas de aceite y grasa como 0.2 mg/l.

Este método ofrece un cierto grado de selectividad para solventar algunas de las interferencias de coextracción que ocurren en el método de partición-gravimetría.

Con este método los jabones metálicos solubles se hidrolizan por acidificación. Sólo los aceites y las grasas sólidas o viscosas presentes se separan de las muestras líquidas por filtración.

Después de la extracción en un aparato Soxhlet con triclorotrifluoroetano, se pesa el residuo que queda después de la evaporación del disolvente para determinar el contenido en aceite y grasa. Los compuestos que volatilizan a, o por debajo de 103°C se perderán cuando se seque el filtro.

El método es completamente empírico y pueden obtenerse resultados duplicados sólo con ajustarse de forma estricta a todos los detalles.

Por definición, cualquier material recuperado es aceite y grasa, por lo cual cualquier sustancia soluble en triclorotrifluoroetano no filtrable, tal como el azufre y ciertos tintes orgánicos, será extraída como aceite y grasa. La velocidad y el tiempo de extracción en el aparato Soxhlet deben ser exactamente los especificados debido a la variable solubilidad de las diferentes grasas. Además el tiempo requerido para secar y enfriar el material extraído no puede ser alterada. Probablemente un incremento gradual en peso, debido presumiblemente a la absorción del oxígeno y/o una pérdida gradual de peso debida a la volatilización.

El instrumental que se necesita para esta prueba es el siguiente:

- a)** aparato de extracción Soxhlet
- b)** bomba de vacío
- c)** embudo Büchner de 12 cm.
- d)** funda de calentamiento eléctrico
- e)** dedal de extracción: papel
- f)** papel filtro de 11 cm. de diámetro
- g)** discos de muselina de 11 cm. de diámetro

**Reactivos :**

- a) ácido clorhídrico (HCl) (reactivo analítico)
- b) triclorotrifluoroetano (reactivo analítico)
- c) suspensión de ayuda al filtro de sílice de diatomeas: 10 g/l de agua destilada.

**Procedimiento**

1. Tómese alrededor de un litro de muestra en un frasco de vidrio de boca ancha y márchese el nivel de la muestra en el frasco para la determinación posterior del volumen de la muestra.
2. Acidúlese a pH 2 o inferior, por lo general 5 ml de HCl son suficientes. Prepárese un filtro que consista en un disco de muselina cubierto con papel filtro.
3. Humedézcanse el papel y la muselina y dóblense los bordes del papel. Utilizando el vacío pásense 100 ml de suspensión de ayuda al filtro a través del papel filtro y lávese con 1 litro de agua destilada.
4. Aplíquese el vacío hasta que ya no pase más agua por el filtro. Fíltrese la muestra acidificada.
5. Utilizando pinzas pásese el papel filtro a un vidrio de reloj. Añádase materia adherente a los bordes del disco de muselina.

6. Enjuáguese los lados y el fondo del vaso del filtrado y el embudo Büchner con trozos de papel filtro empapado en disolvente, teniendo cuidado de extraer todas las películas causadas por la grasa y recójase todo el material sólido. Añádanse los trozos de papel filtro que contenga muestra y colóquense en un dedal de extracción de papel. Añádase cualquier resto de material que quede en el cristal de reloj.
7. Enjuáguese el vidrio de reloj con papel filtro empapado en disolvente y colóquese en el dedal de extracción de papel. Séquese el dedal lleno en un horno de aire caliente a 103°C durante 30 minutos.
8. Llénese el dedal con lana de vidrio o pequeñas cuentas de vidrio. Pésele el matraz de extracción.
9. Extraígase el aceite y la grasa en un aparato Soxhlet, utilizando triclorotrifluoroetano a una velocidad de 20 ciclos durante 4 horas. Regúlese el tiempo desde el primer ciclo.
10. Destílese el disolvente del matraz de extracción en un baño de agua a 70°C.
11. Colóquese el matraz en baño María a 70°C durante 15 minutos y arrástrese el aire, aplicando el vacío durante el último minuto. Enfríese en un desecador durante 30 minutos y pésele. (Raiswell, R., 1983).

# CAPÍTULO III

## **ANTECEDENTES ESPECÍFICOS**

Como se puede ver en el capítulo anterior, el número de autolavados que hay en la República Mexicana es muy alto y únicamente están mencionados los censados hasta 1994. Sin embargo, a pesar del auge que ha tenido, se necesita tener conciencia de la cantidad de agua que se contamina y se desperdicia y del daño que poco a poco crece y se hace más grave.

A continuación se da una breve descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales existente en este autolavado, sus partes y características principales.

Esta planta cuenta con un sistema para eliminar sólidos, grasas y aceites de las aguas provenientes de los servicios de lavado, el equipo es LANDA, modelo Delta 1500.

## DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

El primer paso del sistema consiste en una cisterna donde la mayor parte de los sólidos, se precipita al fondo de la misma y las grasas y aceites se mantienen a nivel de la superficie.

Estos desechos deben ser retirados periódicamente cada seis meses, en promedio, los sólidos se disponen como tal, y las grasas y aceites se envían con los aceites quemados de los motores para ser retirados por una pipa.

El agua fluye desde aquí al pozo de bombeo, desde donde una bomba la toma para enviarla al sistema. El diámetro exterior de la tubería es de 1 7/8 pulgadas, el material es PVC.

Antes de ingresar a la primera etapa (denominada unidad Alpha), se inyecta ozono, agente bactericida, en la corriente, para eliminar cualquier tipo de bacteria que se pudiera encontrar en el efluente.

La primera etapa, está diseñada específicamente para quitar las partículas de sólidos, grasas y aceites. La unidad está compuesta por tres fases de separación.

La primera fase tiene  $7\text{m}^2$  para separar los sólidos pesados del agua. Cuando el agua asciende por el primer módulo, las impurezas se adhieren firmemente a las placas coalescentes y una vez formado un volumen determinado, se precipitan al fondo, para posteriormente ser retiradas.

El agua se introduce por un vertedero a la segunda fase, en la cual se remueven grasas y aceites. Esta sección de  $37\text{ m}^2$  de material retentivo, actúa como una red. Cuando el agua con grasas y aceites pasa a través del sistema colector, todas las partículas son atraídas a las placas; estas pequeñas partículas se van acumulando en los cambios de dirección de las placas para ser impulsadas a la superficie por la propia corriente ascendente.

Los grumos viajan hacia el desnatador superficial de aceite que los separa del agua y los acumula en una cubeta exterior para ser luego dispuestos con los aceites quemados.

El agua continúa hacia la tercera fase de la unidad, constituida por un conjunto de hilos de polipropileno que retiene los aceites emulsionados, mejorando aún más la calidad del efluente.

Posteriormente, una bomba centrífuga pasa automáticamente el agua producida en la etapa anterior hacia una segunda etapa de filtración.

Esta segunda etapa, está compuesta por tres filtros diseñados para reducir los niveles de impurezas que pudieron escapar de la unidad Alpha.

El primer filtro contiene un manto de arena y antracita, que eliminan impurezas de hasta 20 micrones. Su retrolavado se realiza y las impurezas colectadas se regresan a la cisterna para asentamiento y posterior retiro.

El segundo filtro, está compuesto de poliéster para trabajo pesado con retención de hasta 5 micrones. Su lavado se efectúa sencillamente a presión.

El tercer filtro de carbón activado, retiene y completa la separación de sólidos, grasas y aceites, produciendo agua para reciclado libre de metales pesados, pesticidas e hidrocarburos.

## ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

**TANQUE DE ACERO INOXIDABLE.** Alpha, la primera etapa del equipo Delta, es un recipiente construido totalmente de acero inoxidable, en el que se encuentra alojado el sistema de placas coalescentes y el desnatador superficial del aceite.

**PLACAS VERTICALES COALESCENTES.** 7m<sup>2</sup> de placas de polipropileno (adherente al aceite), para la separación de aceites y sólidos. Éstas se pueden remover fácilmente para su limpieza periódica.

**PLACAS DIAGONALES COALESCENTES.** 37m<sup>2</sup> de superficie de polipropileno proveen un eficiente sistema para la remoción de aceites y sólidos.

**FILTRO DE ADSORCIÓN.** Un pom-pom de hilos de polipropileno removible, retiene pequeños grumos de aceite, entregando un efluente de mejor calidad.

**VARIACIÓN MULTIDIRECCIONAL DE FLUJO.** Existen 7 cambios de dirección de flujo para obtener la separación de sólidos y aceite contenidos en el agua.

**TRAMPA COLECTORA.** Los sólidos pesados se depositan en el fondo del equipo Alpha y se envían a la cabeza del tratamiento de la cisterna de colección.

**DESNATADOR SUPERFICIAL DEL ACEITE.** Por medio de un cilindro rotativo, se remueven automáticamente las grasas y aceites sobrenadantes, siendo depositados en un recipiente exterior para su disposición final.

**FILTRO MULTICAPAS.** Este proceso de filtración, combina una mezcla de arena-antracita, con alta capacidad de retención de aceites emulsionados, partículas que pueden tener un tamaño de hasta 20 micrones.

**FILTRO DE CARTUCHO.** Está compuesto por una estructura de Duralón, que contiene en su interior , un cartucho de poliéster para trabajo pesado, de 9.5 m<sup>2</sup> de superficie, que retiene partículas de hasta 20 micrones y el segundo de las mismas características con retención de partículas de hasta 5 micrones.

**FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO.** Carbón activado virgen (34 Kg) diseñado para retener y completar la correcta separación de aceite, sólidos y grasas, produciendo agua para reciclado libre de metales pesados, pesticidas, hidrocarburos y disolventes.

**GENERADOR DE OZONO.** Aplicación continua de ozono al agua proveniente del lavado automotriz, elimina bacterias y algas que podrían causar el prematuro atascamiento de los filtros.

**INTERRUPTORES DE CONTROL DE NIVEL.** Varios interruptores de control de nivel, detienen el funcionamiento de las bombas tanto por bajo nivel y como para evitar el desbordamiento en el equipo Alpha por exceso de caudal.

**INDICADOR DE FLUJO.** Este indicador permite al operador regular el flujo de agua procesada, en un medidor de lectura directa, a fin de lograr el máximo de eficiencia en filtración.

**BOMBA INDUSTRIAL DE CAPTACIÓN.** Diseñada específicamente, está provista de un interruptor por calentamiento, switch de control de nivel, válvula check y válvula de control de flujo.

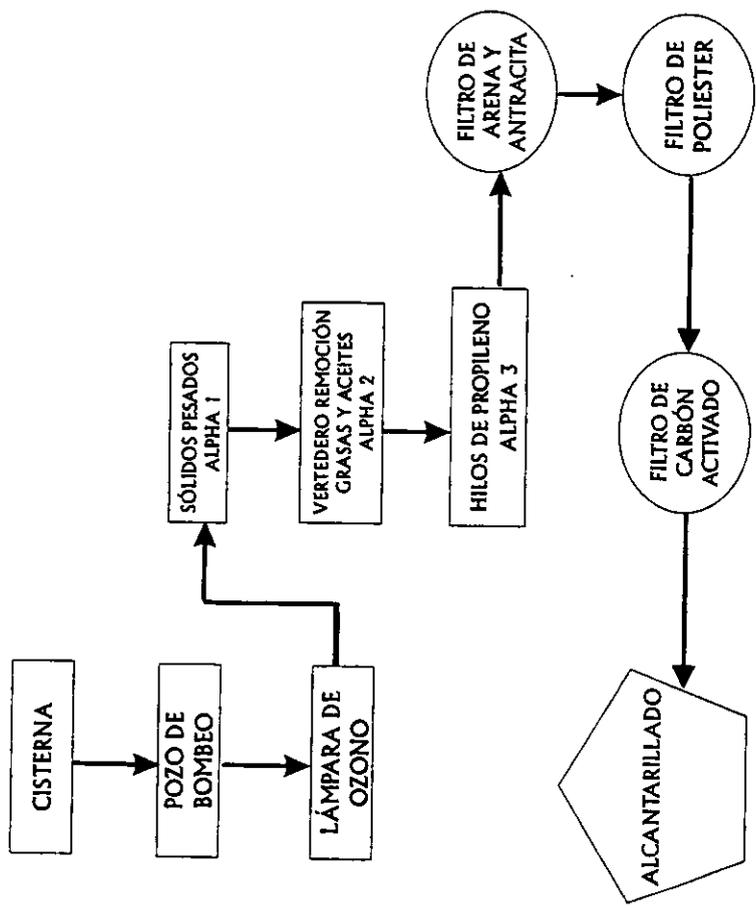
**BOMBA PARA FILTRACIÓN.** Bomba centrífuga que pasa automáticamente el agua a través de los filtros y la deposita en el tanque de toma de la bomba de transferencia.

**BOMBA DE TRANSFERENCIA.** Bomba centrífuga comandada por un interruptor de nivel y un controlador de presión para impulsión de agua presurizada al sistema de lavado.

**PANEL DE CONTROL.** Incluye interruptores de On-Off para las bombas con sus luces indicadoras, señalización del voltaje y reloj medidor de tiempo de operación del equipo, en un gabinete con sus conexiones aisladas.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO DELTA 1500

Intervalo de flujo	0 a 0.946 lps.
Flujo nominal	0.500 a 0.693 lps.
Capacidad de almacenaje	500 lts.
Bomba de captación	1/2 HP
Bomba de filtración	1/2 HP
Bomba de transferencia	1/2 HP
Dimensiones	2.43 m * 1.52 m * 1.05 m de alto
Peso en vacío	1320 Kg
Consumibles	Cartuchos de poliéster y carbón activado.



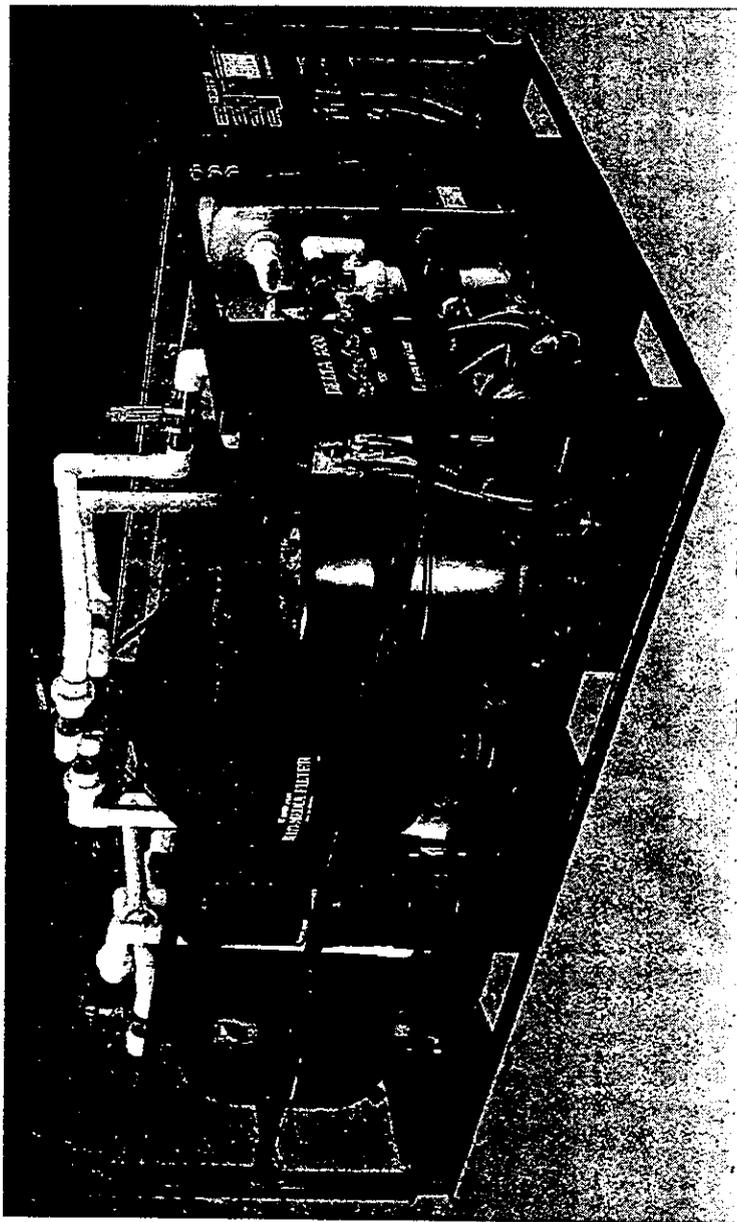
**DIAG 1**  
 NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERIA QUIMICA  
 U.N.A.M.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA EXISTENTE**



FACULTAD DE QUIMICA

**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UNA PLANTA EXISTENTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADO DE AUTOS



## TESIS

ADAPCIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

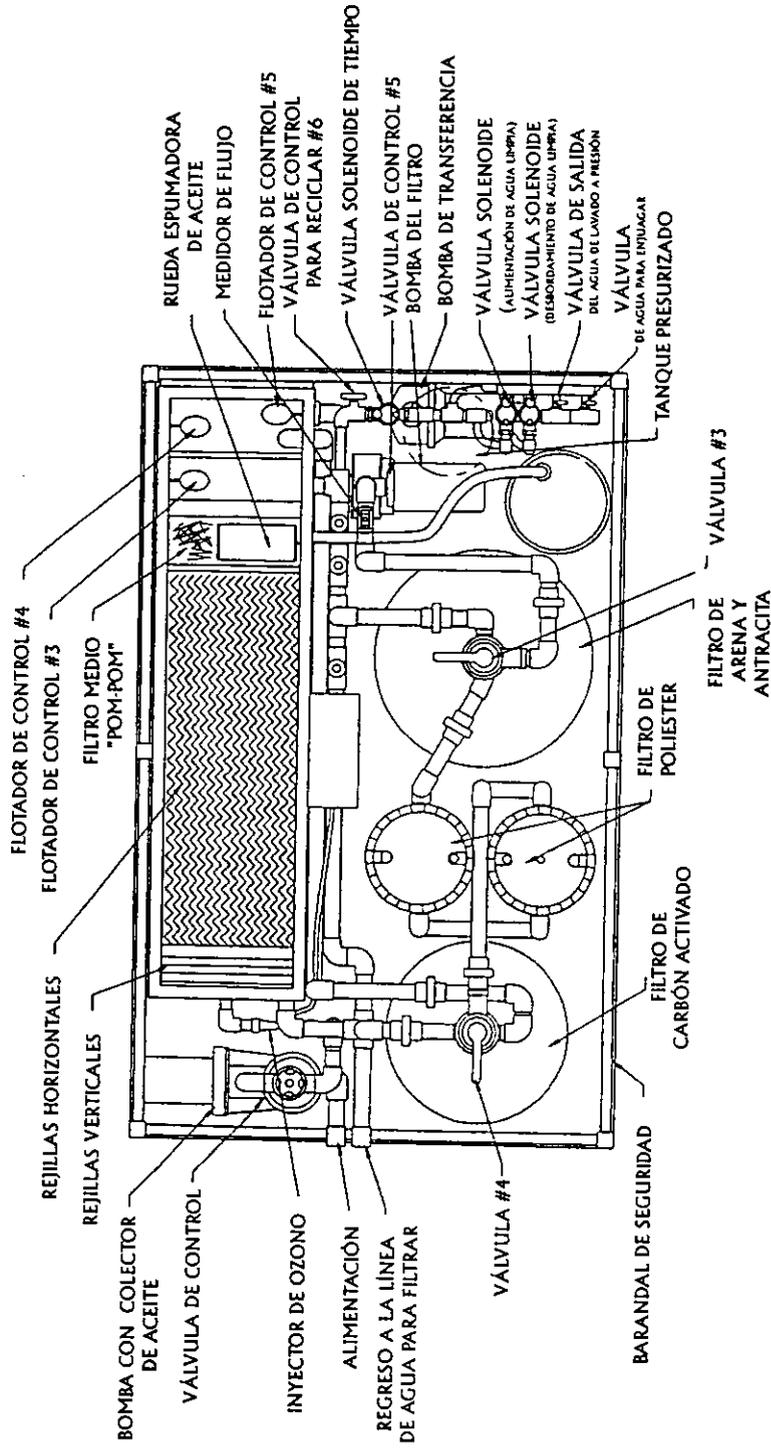
## DIAG 2

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERIA QUIMICA  
U.N.A.M.

## VISTA EN PERSPECTIVA DE LA PLANTA



FACULTAD DE QUIMICA



**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UNA PLANTA EXISTENTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADO DE AUTOS

**DIAG 3**  
 NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERÍA QUÍMICA  
 U.N.A.M.

VISTA SUPERIOR DE LA PLANTA



FACULTAD DE QUÍMICA

# CAPÍTULO III

## **DATOS DE LA PLANTA Y REDISEÑO DEL SISTEMA**

El objetivo de esta tesis es la adaptación y mejoramiento de la planta existente de tratamiento de aguas residuales del autolavado y la propuesta es adaptar otra fase, en este caso coagulación-floculación, en este capítulo se diseña el tanque donde se va a realizar dicho proceso.

El objetivo de la adición de productos químicos a las aguas residuales, es formar un precipitado insoluble. El éxito depende, en gran parte, de la calidad y cantidad del producto químico usado y del método de aplicarlo y mezclarlo con las aguas residuales.

Entre los productos químicos que se usan en el tratamiento de aguas residuales, puede incluirse, el alumbre, la cal, el sulfato férrico, el ácido sulfúrico y el cloruro ferroso. Cuando se agrega a las aguas residuales alguno de estos productos químicos, tiene lugar una reacción por la cual se forma un precipitado insoluble que absorbe y precipita sólidos coloidales y en suspensión, arrastrándolos hacia abajo, con el flóculo, a través del contenido del tanque.

Aunque existen diferentes métodos para calcular la dosis óptima del coagulante para el tratamiento de aguas residuales, así como para medir la carga, la movilidad, los filtros, el número de partículas en suspensión, etc., en este caso se utilizó la prueba de jarras.

## PRUEBA DE JARRAS

En la prueba de jarras se generan datos importantes que ayudan a la optimización de propiedades medibles y las interacciones fisicoquímicas que comprenden.

La simplicidad de la prueba de jarras es aún la herramienta más accesible de laboratorio para determinar las condiciones óptimas para darle tratamiento al agua residual.

La selección de un buen coagulante en este caso, el alumbre, está dado por los beneficios que ofrece como: fácil de usar, económico, se puede aplicar en seco y es fácil de adquirir.

Es bien sabido, por ejemplo, que la remoción del color se lleva a cabo por sales de un metal hidrolizante como el aluminio o el hierro. Los polímeros orgánicos aún no son capaces de competir económicamente. La remoción de la turbiedad, por otra parte, se lleva a cabo de forma más económica por sales de metales o por polímeros orgánicos. Si la sal del metal es usada como coagulante primario en cualquiera de los casos mencionados, un polímero orgánico podría ser usado para incrementar la agitación.

La dosis óptima del coagulante que se use puede determinarse por la prueba de jarras. El efecto de pH en la efectividad del aluminio para la remoción del color es importante.

La identificación del estrecho rango del pH para hacer el tratamiento más efectivo es importante si se requiere optimizar el proceso. (Snoeyink, L., 1987).

### TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para la prueba de jarras se realizó la siguiente técnica experimental:

- Pesar en la balanza analítica diferentes cantidades de alumbre, ALE-30 y cal.
- Medir en un recipiente graduado una muestra del agua residual de 1000 ml para cada prueba.
- Medir el pH del agua residual y registrarlo.
- Agregar al agua residual el alumbre y agitar constantemente hasta que coagule.
- Agregar al agua residual la cal y agitar constantemente.

- Ajustar el pH (en un intervalo de 6.0 a 8.5 unidades).
- Medir el tiempo y la altura de sedimentación y registrar los resultados de cada prueba.
- Filtrar cada muestra y depositarla en un recipiente limpio y previamente etiquetado.
- Medir el pH final de cada prueba y registrarlo.
- Pesar la cantidad de residuo seco.
- Poner unas gotas del agua ya filtrada en una de las placas<sup>2</sup> y observar si al evaporarse deja “mancha”.
- Realizar a cada muestra los análisis de “grasas y aceites”. Comparar los resultados, registrarlos y seleccionar el mejor en cada caso.
- Registrar los resultados de cada prueba.
- Repetir la técnica con ALE-30.

---

<sup>2</sup> Se hicieron pruebas con placas pintadas con pintura automotriz, pulidas y enceradas para simular la pintura de un automóvil.

**DATOS GENERALES DEL AUTOLAVADO**

1. El lavado de autos cuenta con dos cisternas de 10 x 2 x 2 metros, es decir, cada cisterna tiene 40 m<sup>3</sup>. Ambas cisternas están conectadas entre sí.
2. Cada auto se lava aproximadamente con 160 litros de agua.
3. Tomando en cuenta un periodo de 12 meses (febrero de 1996 a enero de 1997), se sabe que se consumen aproximadamente 13,440 litros /día, que equivalen a 403,200 litros mensuales.
4. Si las cisternas se llenan al 75% de su capacidad (30m<sup>3</sup>), entonces el agua que se tiene es de 302,409 litros.
5. Si la capacidad de la pipa de agua que se compra es de 8000 litros, entonces se necesitan de 50 a 51 pipas mensualmente.
6. El costo de cada pipa es de \$115.00 (\$64.00 del líquido más %51.00 de transporte), estos precios más IVA; por lo tanto se tiene un gasto mensual promedio de \$5,865.00 de agua, sin considerar el costo de materia prima para el lavado, como:

MATERIA PRIMA	(\$/L)	(ml/auto)
SHAMPOO	23	40
ESPUMA ACTIVA	23	20
CERA SECADO	29	40
CERA ABRILLANTADO	29	30

7. El costo del ALE-30 (coagulante) que se utilizó para la prueba de jarras para compararlo con los resultados y costos del alumbre, es de \$63.75 por kilogramo.
8. El filtro de carbón activado se reemplaza cada dos años aproximadamente. Se debe lavar cada mes con agua acidulada de ácido sulfúrico al 1%.
9. El cartucho de poliéster se reemplaza cada tres años y se lava cada semana.
10. El flujo que se tiene es de: 13,440 litros/día
11. Número de horas laborales: 10 horas
12. Tiempo de lavado del vehículo: 2.35 minutos
13. Flujo/lavado : 68.08 litros/minuto.

MANO DE OBRA (en 8 hrs.)	3.82 (\$/h)	5.95E-04 (h/L)	0.0022 (\$/L)
ALUMBRE	7.00 (\$/kg)	0.35 (gr/L)	0.0024 (\$/L)
CAL	0.68 (\$/kg)	0.5 (gr/L)	3.40E-4 (\$/L)
CARBÓN ACTIVADO	40 (\$/kg)	3.51E-06 (gr/L)	1.4E-04 (\$/L)
LAVADO DE CARBÓN ACTIVADO	80 (\$/L)	0.001 (L/mes)	1.98E-07 (\$/L)/mes
CARTUCHO DE POLIESTER	250 (\$/pza.)	4.90E06 (L/año)	1.72E-05 (\$/L)
ELECTRICIDAD	0.56 (\$/KWH)	8.33E-05 (KWH/L)	4.66E-05 (\$/L)
CONFINAMIENTO DE LODOS	0.0025 (\$/gr)	0.9 (gr/L)	0.0022 (\$/L)

\* LOS PRECIOS ANTERIORES SON MÁS IVA.

<b>TESIS</b> ADAPCIÓN Y MEJORAMIENTO DE UNA PLANTA EXISTENTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADO DE AUTOS	<b>TAB 6</b> NORMA ROSAS ARRIAGA INGENIERIA QUIMICA U.N.A.M.	<b>COSTOS          DE MATERIA          PRIMA</b>	 FACULTAD DE QUIMICA

Con respecto a la tabla anterior, se hace la comparación con los siguientes casos:

CASO 1

Partiendo de la planta existente, sin hacer ninguna adaptación, el agua que se obtenía tenía una cantidad de grasas y aceites fuera de los límites máximos permisibles que establece el Proyecto de NOM-002-ECOL-1996, además no se volvía a utilizar, pues dejaba manchas en la pintura de los automóviles por la cantidad de grasas y aceites que contenía.

En este caso, si se compra agua tratada, se utiliza una sola vez, se recicla y se desecha, se tiene lo siguiente:

GASTOS	PRECIO (\$/L)
AGUA	0.014
MANO DE OBRA	0.0022
ELECTRICIDAD	4.66E-05
CARBÓN ACTIVADO	1.40E-04
LAVADO DE CARBÓN ACTIVADO	1.98E-07
CARTUCHO DE POLIESTER	1.72E-05
CONFINAMIENTO DE LODOS	0.0022
<b>TOTAL</b>	<b>\$0.0186/L</b>
<b>ANUALMENTE</b>	<b>\$90,013.58</b>

CASO 2

En este caso, si se adapta la nueva fase al sistema (coagulación-floculación) con alumbre y cal y en vez de tirar el agua se vuelve a utilizar y posteriormente se recicla para desecharla, se tiene lo siguiente:

GASTOS	PRECIO (\$/L)
AGUA	0.014
MANO DE OBRA	0.0022
ELECTRICIDAD	4.66E-05
CARBÓN ACTIVADO	1.40E-04
LAVADO DE CARBÓN ACTIVADO	1.98E-07
CARTUCHO DE POLIESTER	1.72E-05
CONFINAMIENTO DE LODOS	0.0025
ALUMBRE	0.0024
CAL	3.40E-04
RECICLAR UNA VEZ MAS	0.0076
<b>TOTAL</b>	<b>\$0.014622/L</b>
<b>ANUALMENTE</b>	<b>\$70,747.08</b>

Los costos calculados dan un parámetro para comparar el beneficio que se tiene al dar tratamiento a las aguas residuales.

Partiendo de que en el CASO 1, con el agua que se compre se van a lavar 84 automóviles diarios, en el CASO 2, con la misma cantidad de agua que se compre se podrán lavar 168 automóviles, esto representa un ahorro del 21.40% anual, que equivale a \$19,266.50

Cabe mencionar que en caso de que no se cumpla con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, en el Distrito Federal, la autoridad competente para asignar las multas por faltas al cumplimiento de la norma, es la Dirección de Hidrología y Suelo.

Dependiendo de cada caso y de la falta que se esté cometiendo es el monto que asigna la Dirección de Hidrología y Suelo, esta cantidad puede variar para una micro industria desde 20 salarios mínimos en adelante y para macro industria desde 2000 salarios mínimos en adelante.

En esta fecha (abril 1998), el salario mínimo es de \$30.56 pesos. En este lavado correspondería una multa para micro industria, en caso de no cumplir con los límites máximos permisibles.

A continuación se presentan las tablas y gráficas correspondientes de los datos generales del autolavado para los cálculos correspondientes y así justificar económicamente la nueva fase a la planta existente.

**DATOS Y NOMENCLATURA**

$Q_D$  = Capacidad de diseño

$V_A$  = Velocidad de asentamiento

$V_D$  = Velocidad de diseño

$V_T$  = Volumen del tanque adaptado

$V_P$  = Volumen de la probeta

$V_{min}$  = Volumen mínimo

$V_o$  = Volumen del tanque de placas coalescentes.

$\phi$  = Tiempo de asentamiento = 3.86 min.

$\Phi$  = Tiempo de residencia

$A_P$  = Área de la probeta

$A_R$  = Área de remoción

$A_{Rr}$  = Área de remoción

$A_T$  = Área del tanque

$A_{PC}$  = Área de las placas coalescentes = 40%( $A_T$ ).

$Q_P$  = Gasto en la probeta

$Q_{DT}$  = Flujo de descarga en el tanque

$C_S$  = Carga de sedimentación

$C_{SExp}$  = Carga de sedimentación experimental

$W$  = Flujo másico

$W_R$  = Flujo másico por remover

$\Delta ppm$  = Diferencia de grasas y aceites

$h_L$  = Altura del líquido = 17 cms.

$h_s$  = Altura de lodos = 1.3 cms.

Grasas y aceites iniciales =  $ppm_o = 138.24 \frac{mg}{L}$

Grasas y aceites finales =  $ppm_f = 13.0 \frac{mg}{L}$

Mes que se consideró como parámetro: FEBRERO =  $9061.33 \frac{L}{día}$

CONSIDERACIONES

- Días de diez horas
- Al 40% de sobre diseño
- La menor cantidad de grasas y aceites (13.0 ppm)

CÁLCULOS

## CAPACIDAD DE DISEÑO

$$Q_D = (1.4) \left( 9061.33 \frac{L}{\text{día}} \right) = 12,685.86 \frac{L}{\text{día}}$$

## VELOCIDAD DE ASENTAMIENTO

$$V_A = \frac{h_L}{\phi} = 4.40 \frac{\text{cms}}{\text{min}}$$

## VELOCIDAD DE DISEÑO

$$V_D = \frac{V_A}{2} = \frac{4.40 \frac{\text{cms}}{\text{min}}}{2} = 2.20 \frac{\text{cms}}{\text{min}}$$

## VOLUMEN DE DISEÑO DEL TANQUE

$$V_T = 2\phi Q_D$$

$$V_T = 2 (2.69E-03 \text{ días}) (12685.86 \frac{\text{L}}{\text{día}}) = 68.24 \text{ L}$$

## TIEMPO DE RESIDENCIA

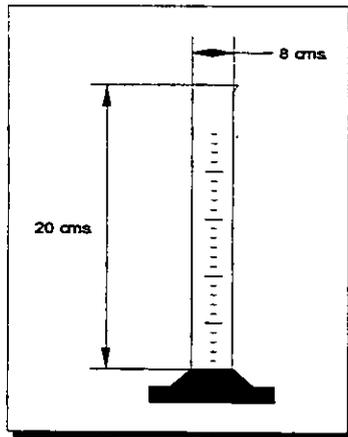
$$\Phi = \frac{V_o}{Q_D} = \frac{447.16\text{L}}{0.500 \frac{\text{L}}{\text{seg.}}} = 1.03E-02 \text{ días}$$

$$\therefore \Phi > \phi$$

## ÁREA DE LA PROBETA

$$A_P = \pi \frac{D^2}{4} = 50.26 \text{ cms}^2$$

VOLUMEN DE LA PROBETA



$$V_P = \pi r^2 h = 1005.31 \text{ cm}^3$$

DIFERENCIA DE GRASAS Y ACEITE

$$\Delta_{\text{ppm}} = 138.24 - 13.0 = 125.24 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

FLUJO EN LA PROBETA

$$Q_P = \frac{V_P}{\phi} = \frac{1.005\text{L}}{3.86 \text{ min}} = 0.260 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

## CARGA DE SEDIMENTACIÓN

$$C_s = \frac{\Delta_{ppm}}{A_P} = \frac{125.24 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{50.26 \text{ cm}^2} = 24.91 \frac{\text{mg}}{\text{L cm}^2}$$

## FLUJO MÁSSICO

$$W = Q_P \Delta_{ppm} = 19.53 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

## CARGA DE SEDIMENTACIÓN EXPERIMENTAL

$$C_{sExp} = \frac{W}{A_P} = 3.90 \frac{\text{Kg}}{\text{día m}^2}$$

## FLUJO MÁSSICO POR REMOVER

$$W_R = Q_D \Delta_{ppm} = 1.58 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

## ÁREA DE REMOCIÓN

$$A_R = \frac{W_R}{C_{SEXP}} = 0.4051 \text{ m}^2$$

## ÁREA DE REMOCIÓN REAL

$$A_{RR} = A_T - A_{PC} = 0.552 \text{ m}^2$$

---

**FLUJO DE DESCARGA EN EL TANQUE**

$$Q_{DT} = \frac{V_o}{\Phi} = 30.010 \frac{L}{min.}$$

Por lo anterior se sabe que se necesita un tanque con capacidad mínima de 200 litros aproximadamente.

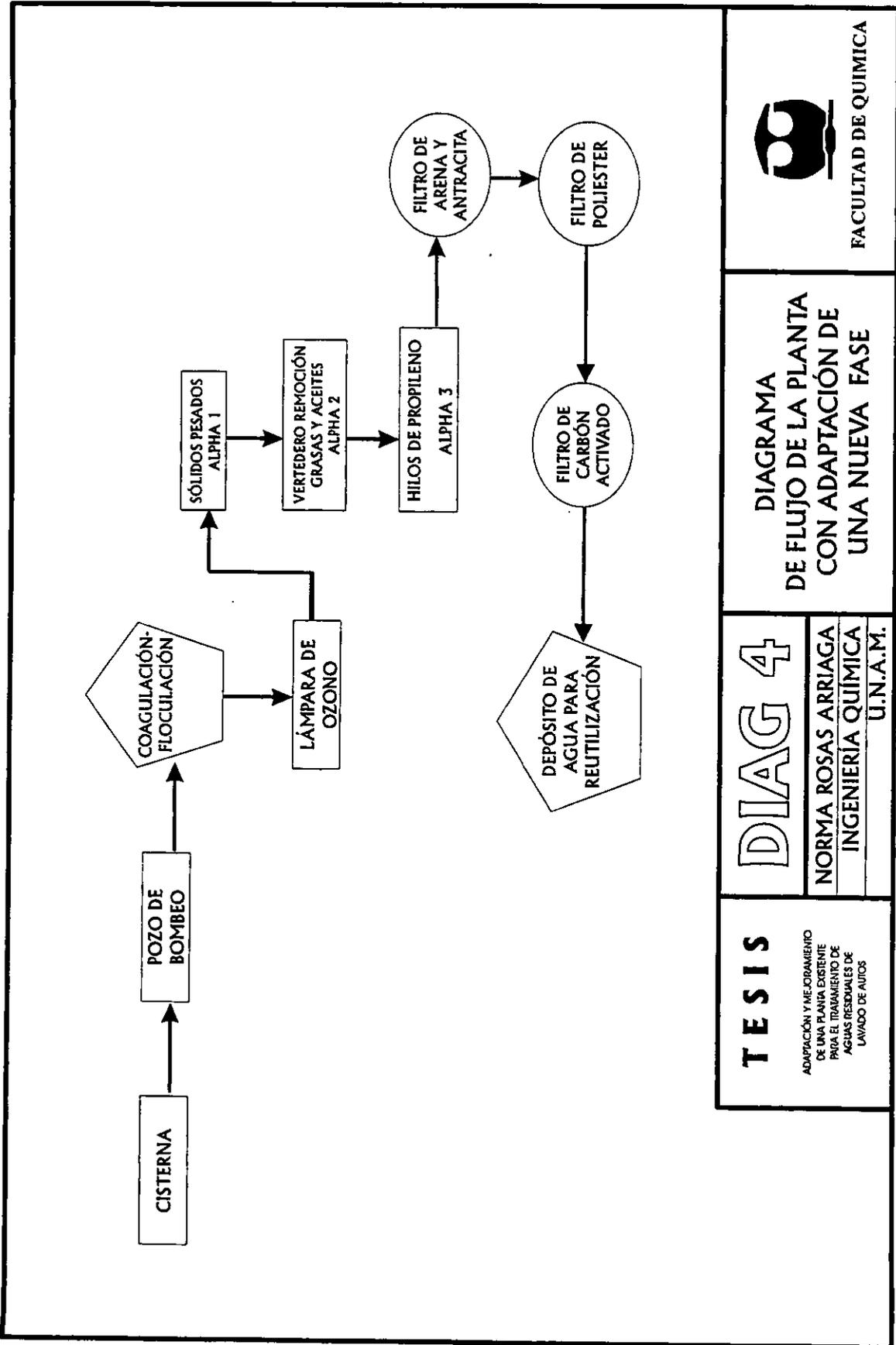
Para hacer la adaptación se requiere de:

- a) Un tanque con capacidad de 250 litros de acero inoxidable.
- b) Dos dosificadores Fisnar modelo JB-1113, uno para dosificar el alumbre y el otro para la cal.
- c) Un agitador de acero inoxidable, de 1725 r.p.m., un metro de largo y ¼ HP.
- d) Una bomba marca Siemens de ¼ HP.
- e) Un timer de 0 a 5 minutos, graduable.
- f) Dos flotadores de nivel.
- g) Tubería de PVC de ½" de diámetro

<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO</b>
DOSIFICADORES	\$6,200.00
TANQUE	\$340.00
AGITADOR	\$1,200.00
BOMBA	\$800.00
TIMER	\$300.00
FLOTADORES	\$200.00
TUBERÍA	\$350.00
INSTALACIÓN	\$900.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$10,290.00</b>

LOS PRECIOS ANTERIORES SON MÁS IVA.

El equipo que se menciona se deberá colocar como lo indica el siguiente diagrama , es decir, después de que el agua pase por el pozo de bombeo y antes de pasar por la lámpara de ozono.



FACULTAD DE QUIMICA

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA CON ADAPTACIÓN DE UNA NUEVA FASE

DIAG 4

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

TESIS  
ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UNA PLANTA EXISTENTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADO DE AUTOS

Con los datos anteriores se puede calcular la tasa interna de retorno para saber si es conveniente la adaptación de esta nueva fase (coagulación-floculación) a la planta existente.

$$0 = -\text{INVERSIÓN} + \frac{\text{AHORRO}}{(1+i)^n}$$

$$0 = -10290.00 + \frac{19266.50}{(1+i)^n}$$

**CONDICIONES :**

n = 1 año

ahorro = \$19,266.50

inversión = \$10,290.00

i = 87.00%

Si en este momento se considera la inflación promedio de un 20% y la tasa interna de retorno que se obtiene es de 87.00%, se sabe que la inversión es viable.

NÚMERO	MESES	LAVADOS/MES
--------	-------	-------------

1	FEBRERO	3464
2	MARZO	3582
3	ABRIL	2917
4	MAYO	2272
5	JUNIO	1699
6	JULIO	2100
7	AGOSTO	2341
8	SEPTIEMBRE	777
9	OCTUBRE	2493
10	NOVIEMBRE	2492
11	DICIEMBRE	3154
12	ENERO	2625

PROMEDIO MENSUAL ANUAL	2493
------------------------	------

TOTAL	29916
-------	-------

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE ALFOS

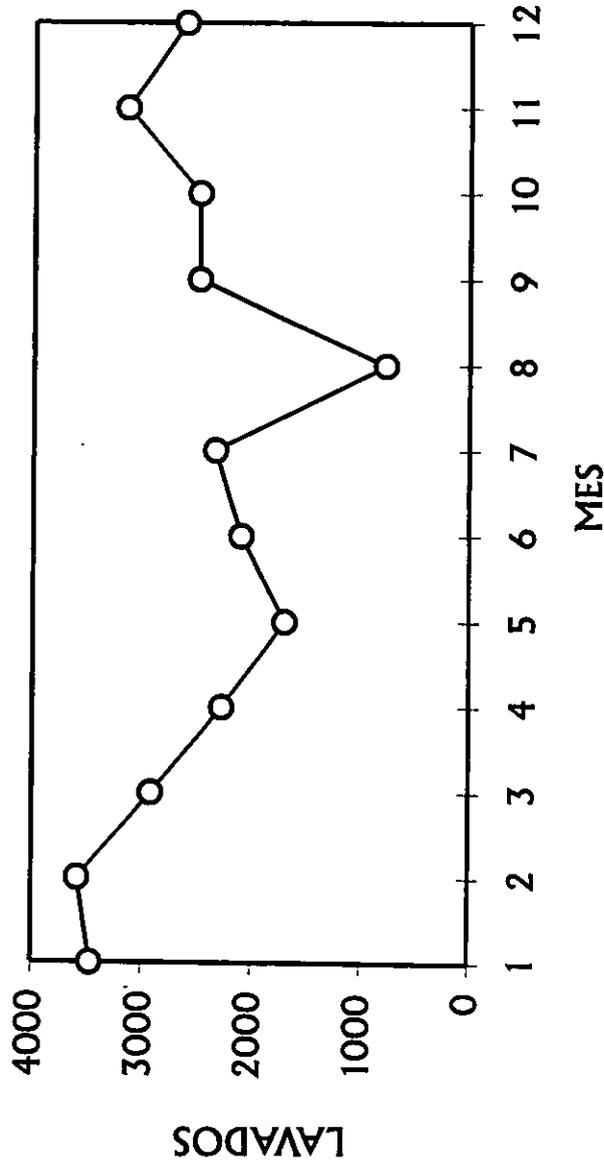
**TAB 7**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

LAVADOS  
POR MES  
(DE FEBRERO '96  
A ENERO '97)



FACULTAD DE QUÍMICA



**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 5**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERIA QUIMICA  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 7**



FACULTAD DE QUIMICA

		<b>COSTO/MES</b>
<b>NÚMERO</b>	<b>MESES</b>	<b>(EN PESOS M.N.)</b>
1	FEBRERO	7,967.20
2	MARZO	8,238.60
3	ABRIL	6,709.10
4	MAYO	5,225.60
5	JUNIO	3,907.70
6	JULIO	4,830.00
7	AGOSTO	5,348.30
8	SEPTIEMBRE	1,787.10
9	OCTUBRE	5,733.90
10	NOVIEMBRE	5,731.60
11	DICIEMBRE	7,254.20
12	ENERO	6,037.50
<b>PROMEDIO MENSUAL ANUAL</b>		<b>5,733.90</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$68806.80</b>

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

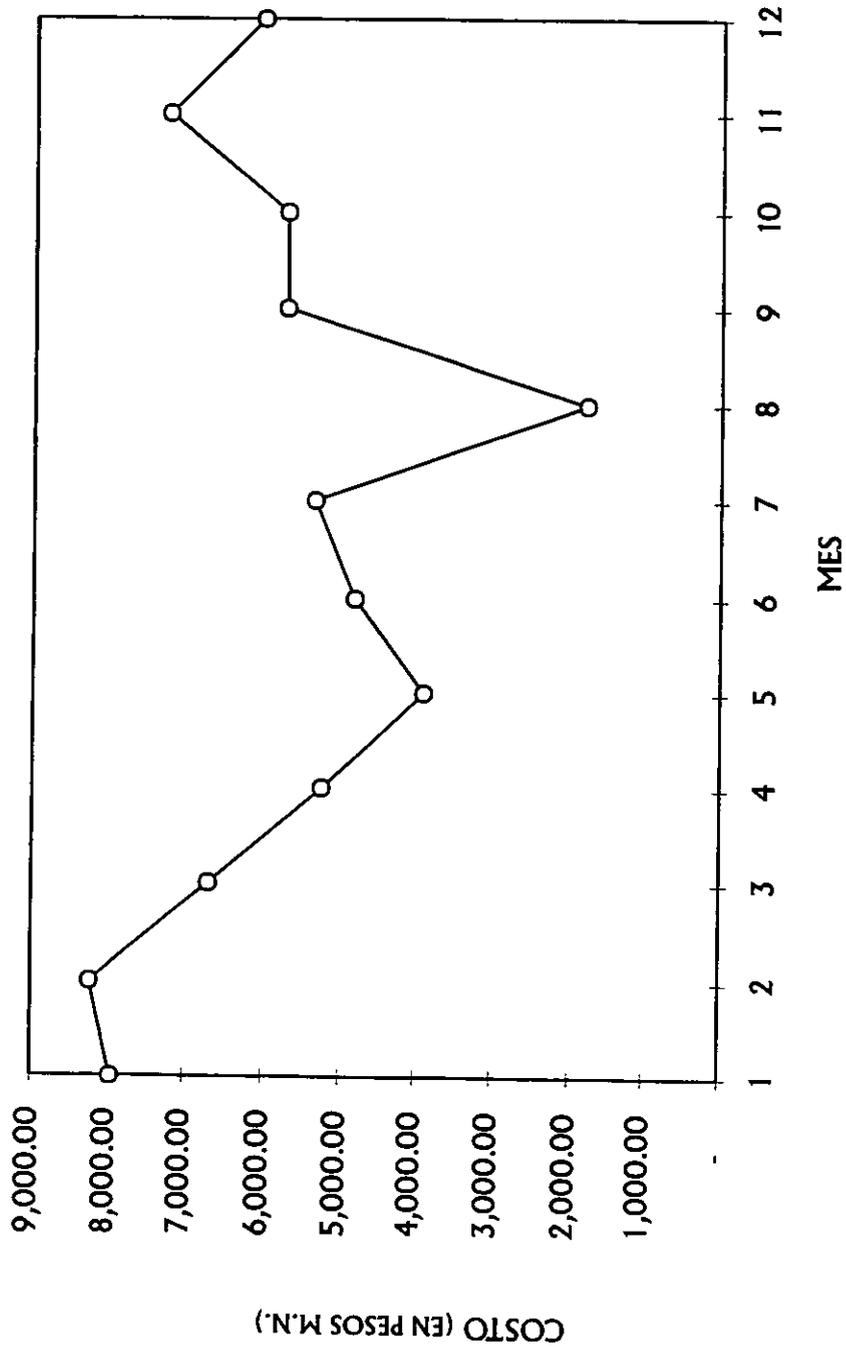
**TAB 8**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

**COSTOS MENSUALES  
DEL AUTOLAVADO  
(DE FEBRERO '96  
A ENERO '97)**



FACULTAD DE QUÍMICA



**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 6**  
 NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERIA QUIMICA  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 8**



NÚMERO	MESES	LAVADOS/DÍA
--------	-------	-------------

1	FEBRERO	115
2	MARZO	119
3	ABRIL	97
4	MAYO	76
5	JUNIO	57
6	JULIO	70
7	AGOSTO	78
8	SEPTIEMBRE	26
9	OCTUBRE	83
10	NOVIEMBRE	83
11	DICIEMBRE	105
12	ENERO	87

PROMEDIO DIARIO ANUAL	84
-----------------------	----

TOTAL	996
-------	-----

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

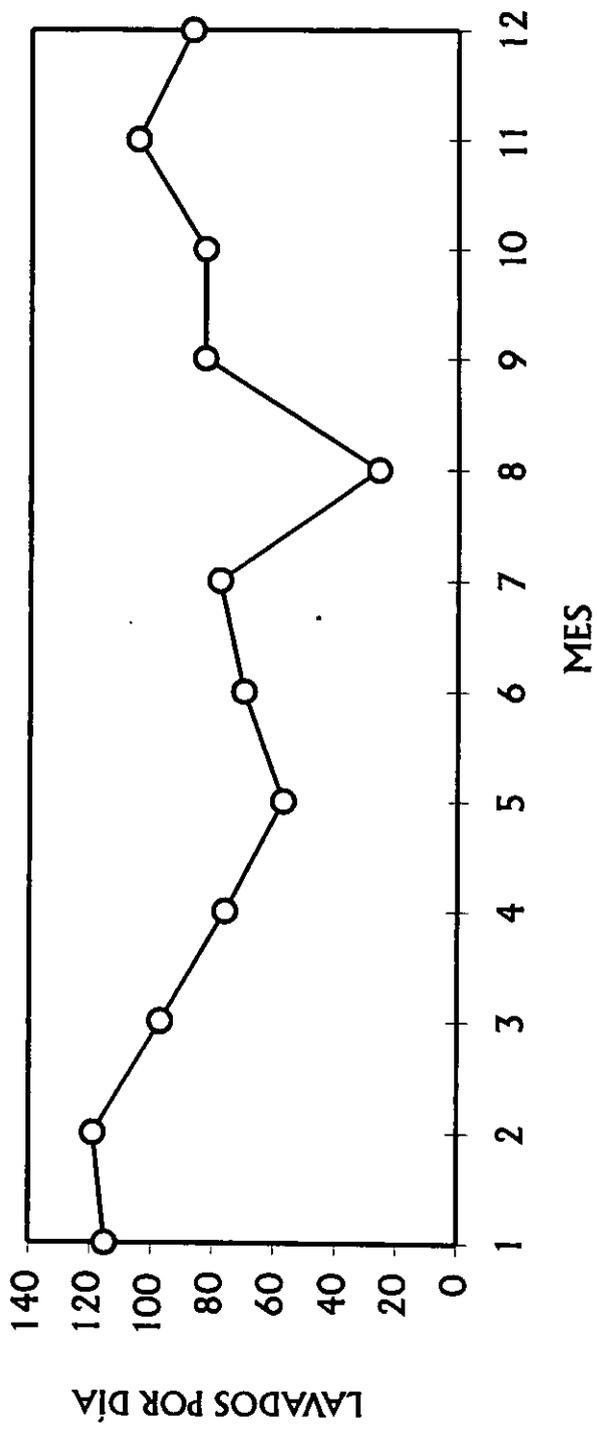
**TAB 9**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

LAVADOS  
POR DÍA  
(DE FEBRERO '96  
A ENERO '97)



FACULTAD DE QUÍMICA



**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

**GRA 7**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

**GRÁFICA  
DE TABLA 9**



FACULTAD DE QUÍMICA

NÚMERO	MESES	PIPAS/MES
--------	-------	-----------

1	FEBRERO	69
2	MARZO	72
3	ABRIL	58
4	MAYO	45
5	JUNIO	34
6	JULIO	42
7	AGOSTO	47
8	SEPTIEMBRE	16
9	OCTUBRE	50
10	NOVIEMBRE	50
11	DICIEMBRE	63
12	ENERO	53

PROMEDIO MENSUAL ANUAL	50
------------------------	----

TOTAL	598
-------	-----

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

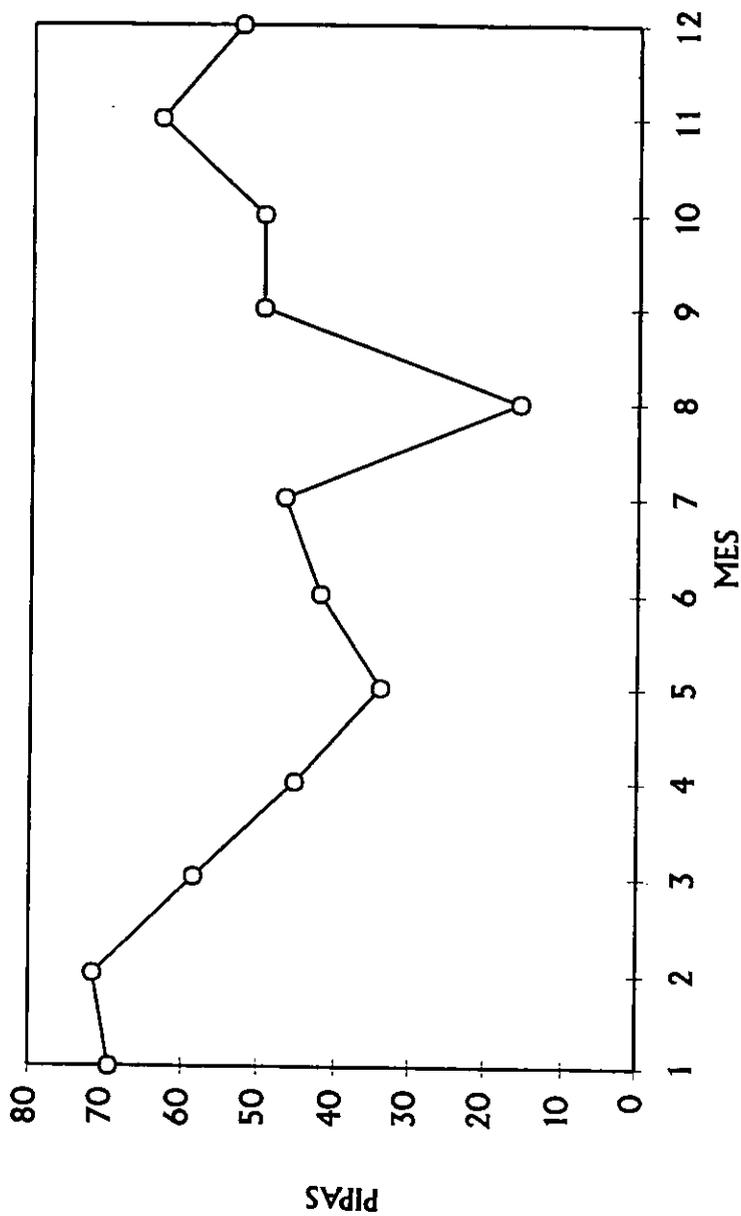
**TAB10**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

PIPAS DE AGUA  
POR MES  
(DE FEBRERO '96  
A ENERO '97)



FACULTAD DE QUÍMICA



**TESIS**  
 ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
 DE UNA PLANTA EXISTENTE  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 8**

**NORMA ROSAS ARRIAGA**  
**INGENIERIA QUIMICA**  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 10**



**FACULTAD DE QUIMICA**

NÚMERO	MESES	LAVADOS/MES
--------	-------	-------------

1	FEBRERO	3464
2	MARZO	3582
3	ABRIL	2917
4	MAYO	2272
5	JUNIO	1699
6	JULIO	2100
7	AGOSTO	2341
8	SEPTIEMBRE	777
9	OCTUBRE	2493
10	NOVIEMBRE	2492
11	DICIEMBRE	3154
12	ENERO	2625

PROMEDIO MENSUAL ANUAL	2493
------------------------	------

TOTAL	29916
-------	-------

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AURIS

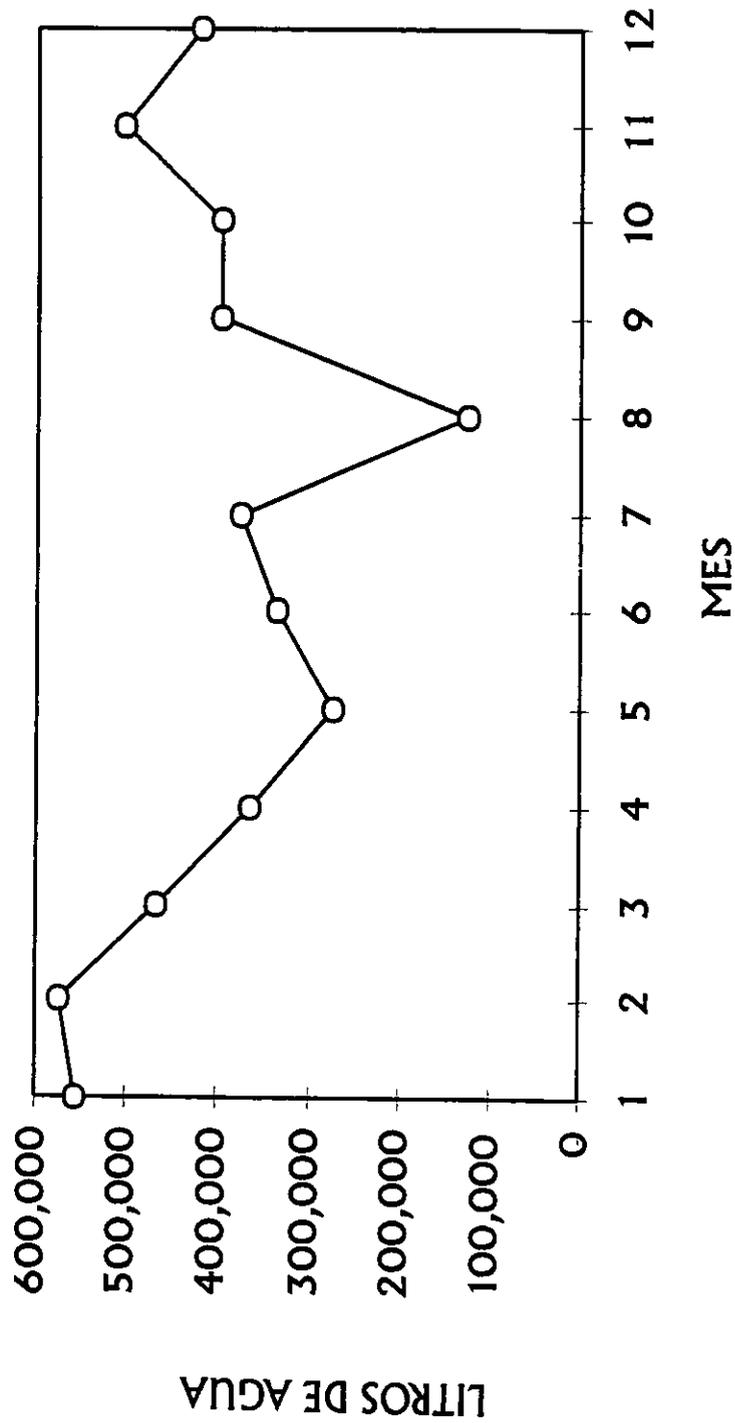
**TAB 11**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

LAVADOS  
POR MES  
(DE FEBRERO '96  
A ENERO '97)



FACULTAD DE QUÍMICA



**TESIS**  
 APLICACIÓN DEL CONCEPTO  
 DE LÍNEA PLANA EXPONENCIAL  
 PARA EL TRATAMIENTO DE  
 AGUAS RESIDUALES DE  
 LAVADO DE AUTOS

**GRA 9**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
 INGENIERÍA QUÍMICA  
 U.N.A.M.

**GRÁFICA  
 DE TABLA 11**



FACULTAD DE QUÍMICA

NÚMERO	MESES	LITROS/DÍA
--------	-------	------------

1	FEBRERO	18474.66
2	MARZO	19,104
3	ABRIL	15,557
4	MAYO	12,117
5	JUNIO	9,061
6	JULIO	11,200
7	AGOSTO	12,485
8	SEPTIEMBRE	4,144
9	OCTUBRE	13,296
10	NOVIEMBRE	13,291
11	DICIEMBRE	16,821
12	ENERO	14,000

PROMEDIO DIARIO ANUAL	13,298
-----------------------	--------

TOTAL	159,552
-------	---------

**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

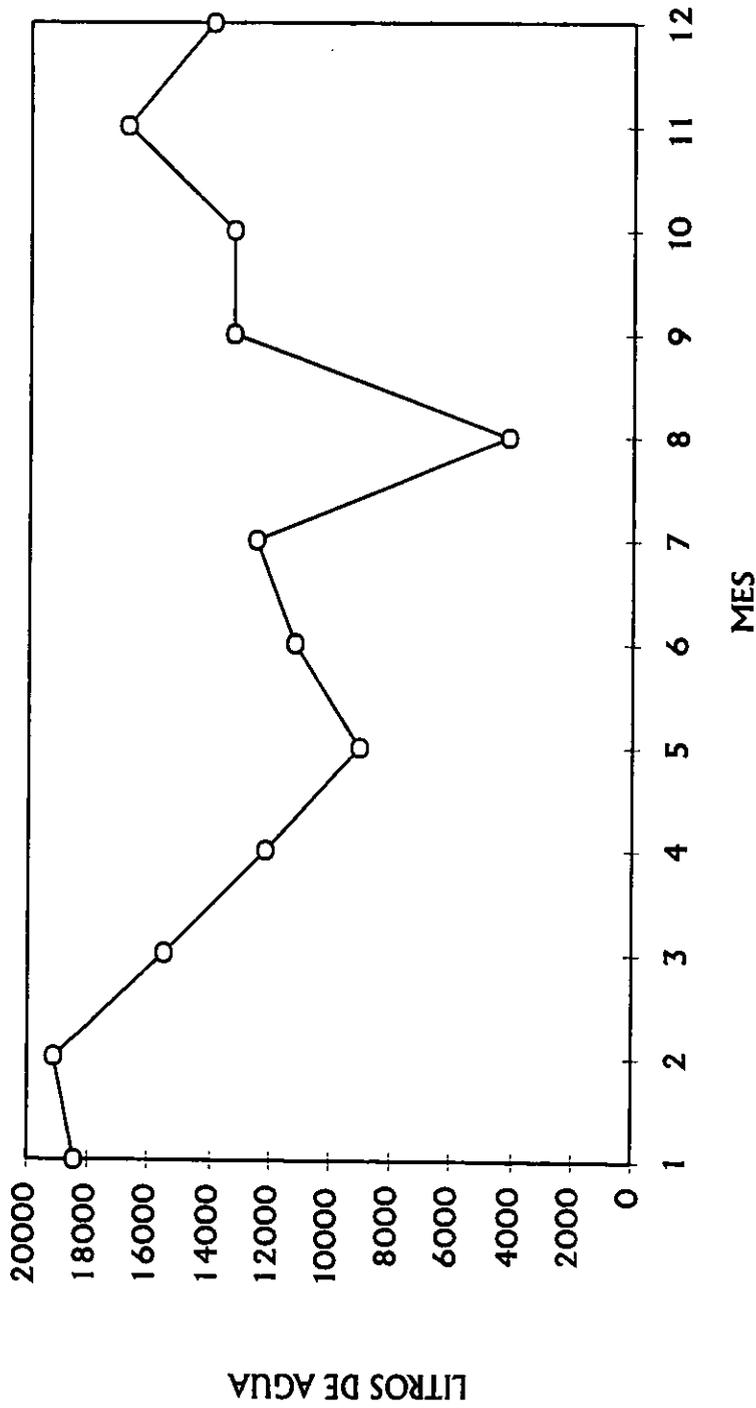
**TAB 12**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

LITROS DE AGUA  
POR DÍA  
(DE FEBRERO '96  
A ENERO '97)



FACULTAD DE QUÍMICA



**TESIS**

ADAPTACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE UNA PLANTA EXISTENTE  
PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE  
LAVADO DE AUTOS

**GRA 10**

NORMA ROSAS ARRIAGA  
INGENIERÍA QUÍMICA  
U.N.A.M.

**GRÁFICA  
DE TABLA 12**



FACULTAD DE QUÍMICA

# CAPÍTULO IV

## **COMPROBACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL TRATADA**

El 18 de octubre de 1993 se había publicado en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-031-ECOL-1993 que para el 29 de noviembre de 1994 cambia la nomenclatura de la norma en cuestión quedando como Norma Oficial Mexicana NOM-031-ECOL-1993

que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

Durante la aplicación de la norma antes mencionada se detectaron algunos obstáculos de carácter técnico por lo que se tuvo la necesidad de llevar a cabo un análisis de la misma por parte del Instituto Nacional de Ecología (INE) en coordinación con la Comisión Nacional del Agua, autoridades locales y diversos sectores involucrados en su cumplimiento, llegándose a la conclusión de que era necesario reorientar la norma en comento, procediéndose a elaborar un nuevo Proyecto de Norma tomando en consideración puntos de vista socioeconómicos, la infraestructura existente de los sistemas de alcantarillado, la determinación de parámetros prioritarios, el tamaño de poblaciones y la compatibilidad con otras normas en materia, con el objeto de que las disposiciones establecidas en este Proyecto de Norma sean operativas y su cumplimiento sea gradual y progresivo.

Es por esto que, el jueves 9 de enero de 1997, se publica en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Norma oficial Mexicana (NOM-002-ECOL-1996) que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas.

Como se puede ver, el objetivo de este proyecto de Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado a fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Posteriormente se dan algunas definiciones y después se presenta la tabla donde se da la concentración máxima de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.

FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE	RANGO DE POBLACIÓN
1 de enero de 2000	mayor de 50000 habitantes
1 de enero de 2005	de 20001 a 50000 habitantes
1 de enero de 2010	de 2501 a 2000 habitantes

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana establece que las unidades de potencial de Hidrógeno (pH) no deben ser mayores de 10 ni menores de 6 unidades, mediante medición instantánea.

El límite máximo permisible de temperatura es de 40°C, medición instantánea, y se permitirán descargas a temperaturas mayores siempre y cuando se demuestre que no daña al sistema del municipio.

En uno de los últimos puntos menciona que el cumplimiento del presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana es gradual y progresivo, conforme al número de habitantes y se debe tomar como referencia el último Censo General de Población Oficial.

<b>PARÁMETROS</b> (miligramos por litro)	<b>CONCENTRACIONES</b> promedio mensual	<b>CONCENTRACIONES</b> promedio diario (mg/L)
grasas y aceites	50	100
sólidos sedimentables	5.0	10.0
Arsénico	0.5	1.0
Cadmio	0.5	1.0
Cianuro	1.0	2.0
Cobre	10.0	20.0
Cromo	2.5	5.0
Mercurio	0.01	0.02

También establece que las violaciones al Proyecto de Norma Oficial Mexicana se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables. (Diario Oficial de la Federación, 1997).

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de jarras que se realizaron, con el alumbre y el ALE-30.

**PRUEBA 1**

ALUMBRE : 100 mg.

CAL : 0.5 gr.

TIEMPO FINAL = 6.51 min.

pH inicial = 7.5

pH final = 6.5

ALTURA LODOS = 0.9 cm.

GRASAS Y ACEITES = 85.75 mg/l

TIEMPO (seg)	ALTURA (cms)
39	17.50
81	16.00
115	15.00
158	14.00
197	13.00
243	11.00
260	10.00
286	9.00
311	8.00
336	7.00
345	6.00
359	5.00
368	4.00
375	3.00
385	2.00
391	1.00

**PRUEBA 2**

ALUMBRE : 200mg.

CAL : 0.5 gr.

TIEMPO FINAL = 4.0 min.

pH inicial : 7.5

pH final = 6.5

ALTURA LODOS = 1.1 cm.

GRASAS Y ACEITES = 40.42 mg/l

TIEMPO (seg)	ALTURA (cms)
10	17
23	16
35	15
54	14
68	13
79	12
93	11
109	10
135	9
156	8
168	7
185	6
200	5
210	4
223	3
236	2
240	1

**PRUEBA 3**

ALUMBRE : 350 mg.

CAL : 0.5 gr.

TIEMPO FINAL = 3.73 min.

pH inicial = 7.5

pH final = 6.5

ALTURA LODOS = 1.3 cm.

GRASAS Y ACEITES = 13.0 mg/l

TIEMPO (seg)	ALTURA (cms)
13	17
25	16
34	15
43	14
66	13
83	12
103	11
110	10
125	9
141	8
156	7
170	6
181	5
192	4
202	3
212	2
224	1

## PRUEBA 4

ALE-30: 70 mg.

CAL : 0.0 gr.

TIEMPO FINAL = 5.25 min.

pH inicial = 7.5

pH final = 7.0

ALTURA LODOS = 0.85 cm.

GRASAS Y ACEITES = 46.42 mg/l

TIEMPO (seg)	ALTURA (cms)
12	17
31	16
55	15
74	14
100	13
125	12
150	11
163	10
181	9
205	8
227	7
240	6
250	5
263	4
277	3
295	2
315	1

En las tablas anteriores se observa que el pH de cada una de las muestras no es menor de 6 ni mayor de 10 unidades, además la temperatura por medición instantánea fue de 16°C, es decir, está por debajo de los 40°C, por lo anterior se sabe que el agua que se obtuvo cumple lo que establece el Proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-002-ECOL-1996.

Sin embargo, al agua que se obtuvo al final de las pruebas, no se le realizaron análisis de sólidos sedimentables ni de metales pues no se registraron problemas con estos parámetros, exclusivamente eran de grasas y aceites.

Además, a los lodos que se obtengan después del tratamiento, se les mandará a confinar, teniendo un costo de \$2,500.00 por metro cúbico.

Por lo tanto, el agua que se obtuvo se puede volver a utilizar ya sea para el lavado de autos, o bien, desecharse al alcantarillado.

# CAPÍTULO V

## **CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos en los capítulos anteriores se pueden concluir los siguientes aspectos:

En relación a las gráficas de autolavados existentes en cada Delegación del distrito Federal y a nivel República Mexicana se observa un incremento significativo en los últimos años, pues se registra un 10.68% y 11.20% de 1989 a 1994 respectivamente.

En este registro, únicamente se presentan los autolavados que fueron censados, es decir, no se consideran los centros de lavado clandestinos y los que existen de 1994 a la fecha.

Una propuesta para la reducción de estos autolavados es que para un menor uso en volumen de agua de calidad adecuada no se tenga un precio bajo, pues cuando está disponible un suministro suficiente de agua, se tienden a usar los volúmenes máximos; el hecho es reducir el suministro, aumentar los costos y tener un estricto control en la calidad del agua por parte de las autoridades correspondientes.

En este caso se usó para las pruebas de jarras y como coagulantes al ALUMBRE y al ALE-30, sin embargo por cuestión de precios y la facilidad para conseguir el producto se consideró como más efectivo al ALUMBRE. Pues aunque para los cálculos se consideró la mayor cantidad de éste se observa que no es muy elevado el costo y los resultados obtenidos fueron satisfactorios, en las tablas de resultados de las pruebas se observa que en un tiempo considerablemente rápido se sedimenta y se obtiene la menor cantidad de grasas y aceites, pues al final de la prueba se obtuvo 13.00 mg/L, con 350 mg/L de alumbre, es decir, 87% debajo de lo que indica el Proyecto de Norma Oficial Mexicana (NOM-002-ECOL-1996).

Hasta el mes de abril de este año, no se ha establecido como Norma Oficial Mexicana, es decir, continúa siendo un Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

Con respecto a los lodos generados, su disposición final implica un costo de \$2,500.00 por metro cúbico, lo cual es viable, al igual que la adaptación del nuevo equipo, con respecto al costo global.

Con el presente trabajo, no se consideró necesario analizar el agua residual la cantidad de metales, pues el problema principal es la cantidad de grasas y aceites presentes en el agua.

Asimismo, se tienen los resultados del pH con un valor máximo de 7.5 unidades y un mínimo de 6.5 unidades, y la temperatura de 16°C, por todo lo anterior se puede decir que el agua que se obtuvo después de las pruebas con este proceso está dentro de los límites máximos permisibles que establece el proyecto de Norma Oficial Mexicana (NOM-002-ECOL-1996), respecto a la cantidad de grasas y aceites, pH, temperatura y sólidos sedimentables.

Los cálculos que se realizaron, para el rediseño del sistema, tiene como base el mes de Febrero, pues es en el que hay mayor cantidad de lavados después del mes de Marzo (que se dispara en el intervalo de los 12 meses), además se consideró un factor de sobre diseño del 40%.

En general se puede concluir que el agua que se obtuvo se puede volver a utilizar para el lavado de autos, en este caso dos veces, pues adaptando el equipo que se sugiere, el agua se puede reciclar dos veces sin que deje manchas en la pintura de los automóviles, o bien, se puede desechar al alcantarillado ya que cumple con lo que se establece en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana correspondiente.

Adicionalmente, la inversión que se hace en el equipo necesario, es viable, pues si en este momento la inflación es del 20%, la tasa interna de retorno que se obtiene es del 87.00% y comparando los casos 1 y 2, se sabe que la adaptación es conveniente, ya que se evitan problemas a futuro con la autoridad correspondiente y también representa un beneficio para la empresa.

# BIBLIOGRAFÍA

- CALVET E., QUÍMICA GENERAL APLICADA A LA INDUSTRIA CON PRÁCTICAS DE LABORATORIO, Salvat Editores, Barcelona, 1956.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1997. PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-002-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.

- GAYNOR. D., BASIL M., HAZARDOUS WASTE MANAGEMENT, Ed. John Wiley & Sons, Washington 1986.
- HERNÁNDEZ A., ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA, Colección Señor No. 6, Madrid, España, 1987.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), X CURSO DE SERVICIOS, RESULTADOS DEFINITIVOS, CURSOS ECONÓMICOS 1989.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), X CURSO DE SERVICIOS, RESULTADOS DEFINITIVOS, CURSOS ECONÓMICOS 1994.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), XI CURSO DE SERVICIOS, RESULTADOS DEFINITIVOS, CURSOS ECONÓMICOS 1989.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), XI CURSO DE SERVICIOS, RESULTADOS DEFINITIVOS, CURSOS ECONÓMICOS 1994.

- RAISWELL R., BROMBLECOMBE P., QUÍMICA AMBIENTAL, Ediciones Omega, Barcelona 1983.
- SHEPPARD T., ACONDICIONAMIENTO DE AGUAS PARA LA INDUSTRIA, Editorial Limusa, México, 1970.
- SNOEYINK L., JENKINS D., QUÍMICA DEL AGUA, México 1987.