

302 927  
3  
2ej

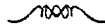
universidad  
femenina  
deméxico  
UM

# UNIVERSIDAD FEMENINA DE MEXICO

Escuela: Químico Farmacéutico Biólogo.

(Incorporada a la U.N.A.M.)

Contaminación del Agua por Pintura  
de la Industria Automotriz.



## TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:  
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

Presenta:

Roxana Balanzar Sánchez

México, D.F.

1995

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 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.

A MIS MADRE Y PADRE :

*Rosa Ma. Sanchez Sanchez.*

*Rosa Kalfa de King.*

A MIS PADRE Y HERMANOS :

*Wulfano Balangar Diaz.*

*Aljando Balangar Sanchez.*

*Laura Balangar Sanchez.*

1934 ON 21ST 1934  
MADRID 11 10 1934

*Arulmo Sánchez Longtheg.*

A LOS SEÑORES Y SEÑORAS :

## INDICE.

INDRODUCCION.	1
CAPITULO I GENERALIDADES.	
- Contaminación.	3
- Control de contaminación.	3
- Principales medios de contaminación.	3
- Industria.	4
- Industria Automotriz.	4
- Proceso de manufactura de la Industria Automotriz.	5
- La pintura y su uso en la Industria Automotriz.	6
- Proceso de pintado.	6
- Pintura.	7
- Tratamientos de efluentes.	10
- Clasificación en función de los métodos de tratamiento que son aplicables.	10
- Especificaciones de aguas residuales de la Industria Automotriz del area de pintura de acuerdo a SEDESOL.	12
CAPITULO II DESARROLLO DE TRABAJO.	
- Introducción.	14
- Examinación del área de trabajo.	14

- Técnicas de muestreo de agua de desecho.	14
- Pruebas piloto para tratamiento del efluente.	15
- Métodos de análisis de agua de desecho.	20
<b>CAPITULO III RESULTADOS.</b>	
- Tablas de resultados.	37
- Discusión de resultados.	59
<b>CAPITULO IV DISEÑO.</b>	64
<b>CONCLUSIONES.</b>	66
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	68

## INTRODUCCIÓN:

Conciente de la situación actual en nuestro País y la necesidad de aportar nuevos panoramas que solucionen el problema de la contaminación industrial, surgió la idea de explorar el área de pintado de la Industria Automotriz, ya que no todas cuentan con un tratamiento eficiente y por lo que contribuyen a elevar los índices de contaminación.

Los tratamientos de efluentes en general ofrecen un amplio panorama para su estudio y mejoramiento, como se expone en este trabajo y aportan grandes ventajas a la humanidad.

## OBJETIVOS :

### Objetivos inmediatos:

- Dar a conocer los tratamientos de efluentes que son aplicables en la actualidad.
- Conocer los métodos analíticos para encontrar el tratamiento de efluentes.

### Objetivo final:

- Dar un tratamiento al efluente de pintura en la Industria Automotriz.

También se tiene como meta, aprender en base a los conceptos fundamentales y diseñar correctamente un tratamiento que ejerza una buena eficiencia cuando se presenta una alta producción.

Todo lo anterior se realiza de acuerdo a las necesidades y lineamientos que nos marca la SEDESOL, para obtener buena calidad, bajo costo, sobre todo eficiencia y durabilidad.

Este trabajo fue asesorado externamente por el Ing. Anselmo Sánchez González.

Quiero hacer patente mi sincero agradecimiento a todos aquellos que me brindaron su valiosa experiencia para dirigir este trabajo.



# CAPITULO I

## GENERALIDADES.

### Contaminación:

La contaminación apareció junto con la Revolución Industrial, como resultado de las actividades y transformaciones en los hábitos de consumo, por tanto, se puede considerar parte del progreso del ser humano. Este problema no solo significa deterioro de las condiciones naturales de nuestro medio sino una amenaza para la salud de la humanidad.

La contaminación puede considerarse como emisión de desechos sólidos, líquidos, gases y radiaciones, tanto urbanas como industriales, estos últimos en su mayoría tóxicos.

La contaminación es uno de los problemas más serios al que se enfrenta hoy en día el país en algunas de sus regiones como D.F., Guadalajara, Monterrey y Edo. de México, uno de ellos que presenta un alto índice de contaminantes es el valle de México.

La causa principal de la contaminación es la enorme concentración urbana-industrial: casi 80 millones de habitantes, más de 40 mil establecimientos industriales comerciales y de servicio, más de 20.5 millones de vehículos automotores y la existencia de grandes zonas erosionadas, deterioran constantemente nuestro entorno.<sup>1</sup>

### Control de contaminación:

Nos presenta modelos de desarrollo y estilo tecnológicos que se caractericen en dar soluciones concretas para eliminar o disminuir la contaminación.<sup>11</sup>

### Clasificaciones de controles de contaminación: <sup>11</sup>

- Aire (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, partículas sólidas).
- Agua (efluentes).
- Vapores (gases).
- Radiaciones (Uranio, Radio, Polonio).
- Ruido (sonidos inarticulados y confusos).

## INDUSTRIA DE MAYOR IMPORTANCIA DE ACUERDO A SU PRODUCTIVIDAD.

	NUMERO DE EMPRESAS	CRECIMIENTO REAL DE UTILIDADES NETAS	CRECIMIENTO REAL DE CAPITAL DE TRABAJO
Alimentos y bebidas	9	17.5	-45.1
Autopartes	4	3.0	-35.2
Caucho y plástico	2	-86.8	66.1
Cemento	2	32.2	-121.1
Comercio	4	9.3	604.0
Comunicaciones	1	124.4	147.2
Eléctrica	3	70.9	-0.5
Electrónica	1	27.0	-3.8
Grupos industriales	3	-48.0	-34.0
Hotelería	2	-14.5	-18.1
Imprenta y Editorial	1	54.3	10.3
Materiales de Construcción	2	8.1	-49.0
Metalmecánico	4	111.4	-23.4
Metalmecánico	2	-90.5	22.6
Minería	4	41.8	49.9
Otras Industrias Manufactureras	1	-7.6	-19.9
Papel y Celulosa	3	30.8	-18.0
Productos Metalúrgicos	1	-96.8	-82.1
Química y Petroquímica	10	32.4	9.5
Siderurgia	2	175.5	-39.6
Textil y prendas de vestir	6	11.5	-2.8
Transporte	2	787.4	-1.2
Vidrio	2	-26.5	-171.6

FUENTE: Estrada, Carmen. INFORME ESPECIAL INDUSTRIAL AUTOMOTRIZ. EXPANSION, Año XVIII, Vol XVIII, N° 433, México 34-46p (1986)

### La Industria:

La industria es uno de los factores significativos y complejos que deterioran, el medio ambiente, la localización, magnitud y diversidades industriales y comerciales que se encuentran en el país.

La industria a la par de producir contaminantes, también es el reflejo de la economía del país, por el repunte en las utilidades y ventas de las firmas cotizadas en la Bolsa Mexicana de Valores.<sup>9</sup>

### La Industria Automotriz:

La Industria Automotriz es una industria significativa para la economía del país, por su productividad para el consumo de nuestra población como también para proveer de partes automotrices y automóviles ensamblados a empresas de Estados Unidos y otras partes del mundo.

La participación de los Estados Unidos de America es del 22%, por tanto, se obtendrán unos \$ 100 millones de dólares en 1990. No obstante incrementó su producción en términos reales un 11%.

En el país se encuentran en nuestros días 8 plantas en producción de autos.<sup>9</sup>

### VENTAS DE VEHICULOS Y CAMIONES DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DE 1985-1990.<sup>9</sup>

EMPRESAS.	VENTAS(uniclades)	1985	1989
Volkswagen de Mèx., S.A. de C.V.		82,931	1,966,063.0
Nissan Mexicana S.A. de C.V.		62,234	1,457,148.0
Ford Motor Company S.A.		66,284	1,453,274.0
	(autopartes)		
Chrysler		57,314	1,203,594.0
Renault Industrias Mexicanas S.A. de C.V.		17,395.	139,666.0
	(autopartes)		
Kenworth Mexicana S.A. de C.V.		22,519.	85,679.4
Autotrasporte Mexicana S.A.		16,809.	53,119.0
Trailers de Monterrey, S.A.		11,478.	22,446.0

FUENTE: Ezequiel Carmen. INFORME ESPECIAL INDUSTRIAL AUTOMOTRIZ EXPANCIÓN. Año XVII, Vol XVII, N° 433, México 24-46p (1989)

De la tabla anterior las ventas de las Empresas Automotrices van en aumento, por tanto, la contaminación que produce aumenta de una manera considerable para el medio ambiente.

#### Proceso de manufactura de la Industria Automotriz :

En el sector de la Industria Automotriz existen cuatro operaciones básicas en la manufactura de la mayor parte de sus productos: fundición (operación de fundición, fundición a troquel o fundición de revestimiento), fresado, traquelado y fabricado así como ensamblado final.

En algunas plantas sólo se realizan ciertas de las operaciones mencionadas, de las cuales, las que tienen el objeto del fabricado de la carrocería, contienen el área de pintado <sup>14</sup>

## La pintura y su uso en la Industria Automotriz:

El objetivo de la pintura automotriz ha cambiado con el tiempo. Los automóviles como antes mencionamos ofrecen un enorme mercado, por tanto, la pintura tiene que evolucionar y para atraer a los compradores potenciales tiene que tener un hermoso terminado y alta protección contra corrosión.

El mayor volúmen, naturalmente recae en los acabados para carrocerías. Otras superficies que requieren acabados, son los interiores que no van tapizados, la cajuela, la cabina, el compartimiento del motor; el motor mismo y sus accesorios, tales como generadores, mecanismo de arranque, filtro de aire y silenciador de escape también la superficie debajo de la carrocería como el chasis, caja de velocidades y ejes.<sup>22</sup>

Las formulaciones de pintura a través del tiempo han sufrido modificaciones que han ido mejorando a las anteriores, por ejemplo, los acabados antiguos estaban formados por barnices y resinas naturales que secaban lentamente con muy poca retención de brillo y que empezaban a desintegrarse después de dos meses de exposición. La pigmentación se limitaba casi exclusivamente a los colores oscuros. Formula N° 1 y Formula N° 2.<sup>17</sup>

### Proceso de pintado :

En el área de pintado, se encuentran pequeños pares de rieles transportadores de la carrocería, en los cuales contiene en la parte inferior una corriente de agua, para la pintura que cae, se deposita en él, para ser arrastradas, también se utiliza una cortina de aire controlado para no tener turbulencia y una mejor dispersión de la pintura.<sup>14</sup>

## PROCESO DE MANUFACTURA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

FUNDICION DE  
REVESTIMIENTO.

⋮

FRESADO

⋮

TRAQUELADO

⋮

PINTADO

⋮

EMSAMBLADO

### Pintura:

Una manera sencilla de definir pintura es, la mezcla de un aceite y un pigmento que recubren. El aceite es el ingrediente líquido y es generalmente aceite de linaza, aceite de soya, aceite de semilla de algodón, coco, pescado y castor. El pigmento es el material sólido que se mezcla con el aceite de manera que es el que dá el color al acabado, se utiliza un disolvente para el manejo de la pintura, después de su aplicación se evapora<sup>15</sup>.

FORMULA N\* 1 ACABADO GRIS. 15

COMPONENTES.	CANTIDAD EN % EN PESO.	
Dióxido de titanio	5.55	(pigmento)
Oxido de antimonio	0.62	(pigmento)
Negro de humo	0.23	(pigmento)
Amarillo de carbantreno C	0.26	(pigmento)
Nitrocelulosa (1/2 seg) substancia seca	9.57	(vehículo)
Vinilita VYCC (resina sólida)	6.40	(vehículo)
Ftalato diacético	2.41	(dispersante)
Tolueno	74.96	(disolvente)
	100.00	

FORMULA N\* 2 FORMULA BASICA DEL ACABADO.

COMPONENTES	CANTIDAD. PARTE EN PESO A BASE SOLIDOS.	
Nitrocelulosa (1/2 seg)	100	(vehículo)
Resina alquídica no oxidante	75-150	(vehículo)
Ftalato de n-butílico	20- 30	(vehículo)
Aceite de resina soplado	6- 15	(dispersante)

RAZONES DE PIGMENTO A NITROCELULOSA.

PIGMENTO	RAZON	COLOR
Dióxido de titanio	40-80:100	Blanco
Rojos orgánicos	20-40:100	Rojo
Azul de Hierro	20-40:100	Azul
Verde de cromo medio	25-50:100	Verde
Negro de carbón	10-20:100	Negro

Actualmente se obtienen diferentes tonalidades y mejor protección contra la corrosión. Formula N° 3 y Formula N° 4.

**FORMULA N° 3 COLOR BLANCO.**

COMPONENTES	CANTIDAD EN % EN PESO.	
Resina acrílica	6.50	(vehículo)
Dióxido de titanio	19.12	(pigmento)
Nuosperse 657	1.00	(dispersante)
Aromina 100	1.60	(disolvente)
más		
Resina acrílica	25.38	(vehículo)
Resina melamina	26.56	(vehículo)
Aromina 100	14.84	(vehículo)
Ajustar viscosidad		
Aromina 100	5.00	(disolvente)
	100.00	

**FORMULA N°4 COLOR METALICO. 17**

COMPONENTE	CANTIDAD EN % EN PESO.	
Resina acrílica	40.00	(vehículo)
Pasta de aluminio	2.38	(pigmento)
Aromina 150/Xilol (2/1)	20.00	(mezcla de disolventes)
Resina melamina	15.90	(vehículo)
Dispersante hasta alcanzar finura 3 micras.		
más		
Resina acrílica	17.12	(vehículo)
Ajuste viscosidad		
Aromina 150/Xilol (2/1)	4.60	(mezcla de dilventes)
	100.00	



## Tratamientos de efluentes:

La definición de todo tratamiento deberá basarse en :<sup>18</sup>

- El conocimiento de los diversos contaminantes.
- La caracterización de los efluentes.
- La organización de los desagües y la separación de los efluentes.
- La elección entre los diversos métodos de depuración fisicoquímico y/o biológicos.

Clasificación en función de los métodos de tratamiento que son aplicables: 12

- 1.- Elementos insolubles separables físicamente con o sin floculación.
  - 1.1.- Materias grasas, flotantes. (grasas, hidrocarburos alifáticos, alquitranes, aceites orgánicos, etc.).
  - 1.2.- Materias sólidas en suspensión (arenas, óxidos, hidróxidos, pigmentos, azufre coloidal, látex, fibrax, etc.).
- 2.- Elementos orgánicos separables por adsorción:
  - 2.1.- Colorantes, detergentes, compuestos macromoleculares diversos, compuestos fenolados.
- 3.- Elementos separables por precipitación y coagulación:
  - 3.1.- Metales tóxicos o no, Fe, Cu, Zn, Ni, Be, Ti, Al, Pb, Hg, Cr, precipitables en una cierta zona de pH.
  - 3.2.- Sulfitos, fosfatos, sulfatos, fluoruros, por adición de Ca<sup>+</sup>.
- 4.- Elementos que pueden precipitarse en forma de sales insolubles de hierro o de complejos:
  - 4.1.- Sulfuros, fosfatos, cianuros, sulfocianuros.
- 5.- Elementos separables por degasificación o "stripping":
  - 5.1.- H<sub>2</sub>S, NH<sub>4</sub>, alcoholes, fenoles, sulfuros.

**6.- Elementos que necesitan una reacción de oxidación - reducción:**

**6.1.- Cianuros, cromo hexavalente, sulfuros, cloros, nitrito.**

**7.- Ácidos y base:**

**7.1.- Ácidos clorhídrico, nítrico, sulfúrico y fluorhídrico.**

**7.2.- Bases diversas.**

**8.- Elementos que pueden concentrarse por intercambio iónico o por ósmosis inversa:**

**8.1.- Radionucleidos tales como I, Mo, Cs.**

**8.2.- Sales de ácidos y bases fuertes; compuestos orgánicos ionizados (intercambio iónico) o no (ósmosis inversa).**

**9.- Elementos que se adaptan a un tratamiento biológico:**

**9.1.- Todos los tratamientos biodegradables por definición: por ejemplo, azúcares, proteínas fecales. Los tratamientos biológicos pueden aplicarse también después de su aclimatación, a compuestos orgánicos tales como el formal, la anilina y ciertos detergentes.**

**TABLA No. 2.4 ESPECIFICACIONES DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ DEL AREA DE PINTADO DE ACUERDO A SEDEBOL<sup>4,24</sup>**

Descripción:	Líquido.
pH:	Entre 5.0-10.0
Color (escala platino-cobalto):	Máximo 100 U de color
Olor:	Determine.
Conductividad:	Máximo 2,000.0 Mmhos/cm.
Temperatura:	Máximo 35.0 C
Coliformes:	Máximo 10,000 UFC.
DBO:	Máximo 70.0 mg/l
OD:	Máximo 32.0 mg/l
Nitrógeno amoniacal:	Máximo 5.0 mg/l
Aceites y grasas:	Máximo 70.0 mg/l
Sólidos suspendidos totales:	Máximo 70.0 mg/l
Sólidos sedimentales:	Máximo 1.0 mg/l
Dureza:	Máximo 300.0 mg/l
Acidez:	Máximo 400.0 mg/l
Cobre:	Máximo 0.05 mg/l
Cinco:	Máximo 0.10 mg/l
Plomo:	Máximo 0.10 mg/l
Gasto:	Determine.

Los valores más importantes que marca SEDESOL que toma como valores críticos son pH, Conductividad, Coliformes, DBO, Cobre, Cinc y Plomo.

# CAPITULO II

## DESARROLLO DE TRABAJO:

### Introducción:

Las Industrias donde fueron efectuados los análisis para la realización de este estudio son:

- Nissan S.A. de C.V.
- Chrysler S.A. de C.V.
- Volkswagen de Mex. S.A. de C.V.

Las Industrias antes mencionadas fueron elegidas por las facilidades que estas nos otorgaron para ser muestreados sus efluentes del area de pintado.

### Examinación del area de trabajo:

Por estudios efectuados en las plantas antes mencionadas, los volúmenes de agua de circulación, en el área son de 10,000 gal/min por automóvil, el tiempo de retención del agua es relativamente baja, aproximadamente de 2 a 3min.

El gasto efectuado del agua es afectado en una producción de 2,000 automóviles por día , por tanto se presentó un gasto de 40,000,000 gal/min más en su gasto promedio, por lo general este efecto no se presenta frecuentemente mediante el transcurso del año.

El agua que circula en el area de pintado , se contamina en un 80 % de pintura por 1 gal de agua.

### Técnicas de muestreo de agua de desecho.

Para ensayos fisicoquímicos en envases perfectamente limpios de 5 l.

Para ensayos microbiológicos en envases estériles de 1l.

En cualquier estudio de agua de desecho se deberá tomar un programa efectivo de muestreo y medición de flujo. Para ser útil una muestra de agua, debe representar exactamente la fuente de la cual fue tomada, debe ser suficientemente grande para llevar a cabo todas las pruebas requeridas.

En nuestro caso el flujo en continuo con una velocidad de flujo de 10,000 gal/min por automóvil.

El muestreo realizado es conocido como "muestreo compuesto" por que se tomó a un lapso de tiempo determinado a intervalos fijos, (la mañana 9:00 hrs y en la tarde 18:00 hrs.). Se mezclan estas dos muestras para efectuar los análisis de la descarga y pruebas pilotos.<sup>26</sup>

A la descarga del efluente se realizaron los siguientes análisis:

- Gasto.
- DBO. (Demanda Bioquímica de Oxígeno)
- DQO. (Demanda Química de Oxígeno)
- Sólidos totales.
- Sólidos suspendidos totales.
- Sólidos suspendidos fijos.
- Sólidos suspendidos volátiles.
- Sólidos sedimentados.

Esto se efectuó para conocer la cantidad de materia con la cual cuenta nuestro efluente. Ver Tabla N° 3.1.<sup>25</sup>

**Pruebas pilotos para el tratamiento del efluente:**

De acuerdo a las funciones de los métodos de tratamiento antes mencionados en el Capítulo 1 y el conocimiento de el contaminante en el agua (pintura).

Se toman como base 2 funciones que son:

- Filtración
- Precipitación y Coagulación.

### **Filtración:**

Este método se eligió como el más lógico debido a la inmiscibilidad de la pintura y el agua.<sup>2</sup>

Para la prueba se utilizaron 3 diferentes tipos de mallas, del N° 20 (0.84 mm), N° 10 (2.0 mm) y N° 7 (4.0 mm).

Malla N° 20 (0.84 mm), se pasa a través de ella una cantidad de 5 l. de muestra.

La pintura no es retenida en su totalidad solo se retienen 500 ml de ella; la pintura aunque es inmiscible, presenta una consistencia similar a la del agua, por tanto, la muestra no es fácilmente filtrada.

Malla N° 10 (2.0 mm), la muestra (5 l.) de pasa a través de la malla.

No es retenida la pintura, por tanto, este tipo de malla fue descartado.

Malla N° 7 (4.0 mm), se pasó la muestra, a través de ella una cantidad de 5 l.

La muestra no fué filtrable sobre este número de malla, por tanto, se descarta este procedimiento.

NOTA: El filtrado de las muestras, no se analizó, por la notoria observación de que todavía estaban contaminadas.

## Precipitación y Coagulación:

Se utilizaron como reactivos los siguientes compuestos :

- 1.- EDTA
- 2.- Hidróxido de calcio
- 3.- Sulfato de Aluminio

El efluente tratado con los diferentes reactivos a distintas concentraciones se les efectuaron los siguientes análisis :

- DQO (Demanda Química de Oxígeno)
- Sólidos totales.
- Sólidos suspendidos totales.
- Sólidos suspendidos fijos.
- Sólidos suspendidos volátiles.
- Sólidos sedimentables.

Se realizaron estos análisis para conocer la dosis para evaluar el tratamiento requerido. Ver Tabla N° 3.2, 3.3, 3.4. <sup>25</sup>

1.- El EDTA se utilizó en concentraciones de 0.001M, 0.01M y 0.1M, como se menciona en la Tabla N° 2.1. La muestra es tratada previamente con Hidróxido de sodio (NaOH) al 10 % para aumentar el pH aproximadamente a 10.0. Se realiza con agitación constante.



TABLA N° 2.1.

Compuesto.	Concentración.	Cantidad de muestra	Dosis (ml).
EDTA	0.001M	200 ml	50
			100
			150
			250
EDTA	0.01M	200ml	50
			100
			150
			250
EDTA	0.1M	200 ml	50
			100
			150
			250

2.- El Hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) <sup>22,27</sup>

En las pruebas realizadas se utilizaron concentraciones de Hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) del 0.3%, 0.2% y 0.1%, como se encuentra en la Tabla N° 2.2. Se realizó con agitación constante.

TABLA N\* 2.2.

Compuesto.	Concentración.	Cantidad de muestra.	Dosis. (ml).
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.3%	200 ml	50
			100
			150
			250
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.2%	200 ml	50
			100
			150
			250
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.1%	200 ml	50
			100
			150
			250

3.- Sulfato de Aluminio (  $Al_2(SO_4)_3$  ) se utilizo en concentraciones de 0.3%, 0.2% y 0.1%. como se menciona en la Tabla N\* 2.3. Se efectuó con agitación constante. 22,27

TABLA N° 2.3.

Compuesto.	Concentración.	Cantidad de muestra.	Dosis (ml).
$Al_2(SO_4)_3$	0.3%	200 ml	50
			100
			160
			250
$Al_2(SO_4)_3$	0.2%	200 ml	50
			100
			160
			250
$Al_2(SO_4)_3$	0.1%	200 ml	50
			100
			160
			250

**Metódos de análisis de agua de desecho:**

Una gran variedad de métodos son usualmente accesibles para cada determinación. El método escogido en cada caso depende de la formulación de pintura y lo requerido por los reglamentos de SEDESOL. Tabla N° 2.4.4.23

1.- Descripción:

Muestra líquida. 7.8

## 2.- pH:

De una muestra de 200 ml, se toma el pH en un potenciómetro recién calibrado.

## 3.- Color (escala platino-cobalto): 21

Método utilizado:

Se tomarán 50 ml de muestra en un tubo Nessler de 50 ml.

Se compararán las muestras con la curva de color.

Reactivos:

- Preparación de los tipos : Disuelva 1,245 g. de los reactivos cloroplatinato de potasio ( $K_2PtCl_6$ ) y 1.0 g. de cloruro de cobalto cristalizado ( $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ ). Exactamente pesado en 250 ml de agua y 100 ml de ácido clorhídrico (HCl) concentrado, diluya a 1l. con agua destilada. (Esta solución tiene un color de 500).

Realice diluciones de la solución anterior, para preparar los tipos que tendrán los siguientes colores 0,30,60,90,100,110,130 y 160 diluyendo 0,0, 3,0, 6,0, 9,0, 10,0, 11,0, 13,0 y 16,0 ml a 50 ml con agua destilada en tubos Nessler. 3,8

## 4.- Olor: 12

Método utilizado:<sup>8</sup>

Se determinó a temperatura ambiente una cantidad de 200 ml de muestra.

También a temperatura de ebullición.

5.- Conductividad: <sup>2</sup>

Método utilizado:<sup>3</sup>

Para su determinación se utilizarón 200 ml de muestra y se tomo la lectura en un conductimetro calibrado.

6.- Temperatura:

Se determina en el momento de tomar la muestra.<sup>8</sup>

7.- Coliformes (NMP): <sup>12</sup>

Método utilizado:

Ver pag. 24

Medio de cultivos y reactivos:

- Caldo Lactosado o caldo Lauril triptosa:

Medio rehidratado (13 g/l de o. lactosado ó 35.6 g/l de o. lauriltriptosa, si el inoculo es de 1ml. Para inocular de 10 ml, preparar medio con el doble de concentración.

Verterlo en tubos de fermentación.

Esterilizar a 121 °C por 15 min en autoclave.

- Caldo Lactosa bilis verde brillante:

Medio rehidratado (40 g/l) y verterlo en tubos de fermentación.

Esterilizar a 121 °C por 15 min en autoclave.

- Agua de Dilución:

Dissolver 34.0 g de fosfato monobásico de potasio ( $K_2H_2PO_4$ ), en 500 ml de agua destilada. Ajustar el pH a 7.2 +/- 0.5 con Hidróxido de sodio y diluir a un litro con agua destilada.

De esta solución se toma 1.25 ml y ponerlo en un matraz aforado de un litro. Adicionar 5 ml de una solución de Cloruro de Magnesio (38 g de  $MgCl_2/l$ ) y aforar a un litro con agua destilada.

Distribuir el agua en tubos con 9 ml +/- 0.2 ml.

Esterilizar a 121 °C por 15 min en autoclave.<sup>3</sup>

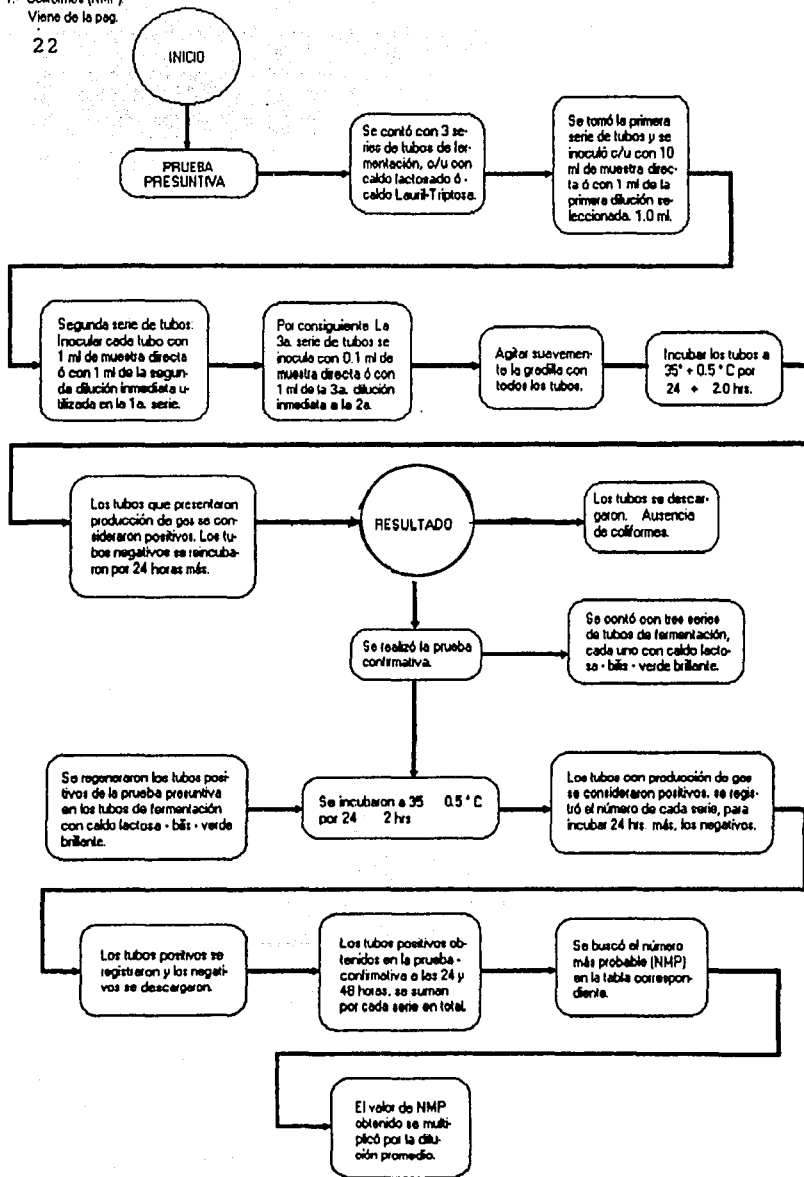
TABLA N° 2.5.

INDICE DEL NMP Y LÍMITES CONFIABLES DE 95% PARA VARIAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS Y NEGATIVOS CUANDO SE USAN: 3 TUBOS CON PORCIONES DE 10 ML, 3 TUBOS CON PORCIONES DE 1 ML Y 3 CON TUBOS CON PORCIONES DE 0.1 ML.<sup>3</sup>

Num. de tubos positivos			Indice del NMP 100 ml	Límites confiables de 95%	
3 tubos con 10 ml	3 tubos con 10 ml	3 tubos con 10 ml		Inferios	Superior
0	0	0	3		
0	0	1	3	0.5	9
0	1	0	3	0.5	13
1	0	0	4	0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	160
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380

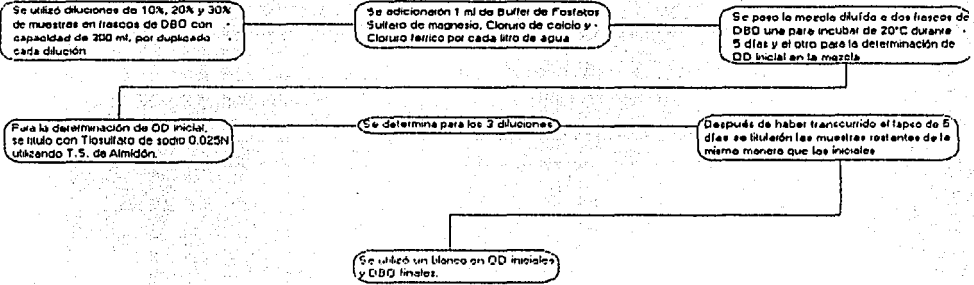
7. Coliformes (NMP)  
Viene de la pag.

22



8.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): 2.12

Metodo utilizado:



Método de dilución. Este método se basa en el concepto fundamental de que la velocidad de la degradación bioquímica orgánica es directamente proporcional a la cantidad de material no oxidado.

Cálculos:

$$DBO_5 \text{ mg/l} = \frac{(DIOD \text{ mg/l} - OD \text{ mg/l al 5 día})}{\% \text{ de dilución expresado en decimal.}}$$

- DIOD = Demanda Inmediata de oxígeno disuelto.
- OD = Determinación de oxígeno disuelto despues de 5 días.

Donde:

$$DIOD \text{ ó } OD \text{ mg/l} = \frac{(a-b) N (B000)}{\text{ml de muestra}}$$

- a = Gasto para la muestra de tiosulfato de sodio 0.025N
- b = Gasto para el blanco de tiosulfato de sodio 0.025N
- N = Normalidad real del tiosulfato de sodio.

FALLA DE ORIGEN



**Reactivos:**

**- Agua destilada:**

El agua destilada para la preparación de las soluciones y para el agua de dilución debe ser de la mejor calidad, exenta de cloro.

**- Solución de Sulfato de Magnesio:**

Disuelva 22.5 g de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  en agua destilada y diluya a 1 l.

**- Solución de Cloruro de Calcio:**

Disuelva 27.5g de  $CaCl_2$  anhidro en agua destilada y diluya a 1 l.

**- Solución de Cloruro Férrico:**

Disuelva 0.25g de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  en agua destilada y diluya a 1 l.

**- Solución de Sulfito de sodio 0.025N:**

Disuelva 1.575g de  $Na_2SO_3$  en 1 l de agua destilada.

**- Solución amortiguadora de fosfatos:**

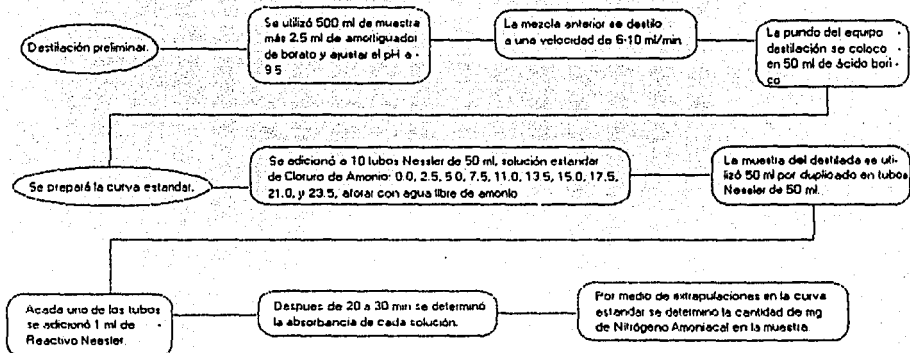
Disuelva 8.5g de  $KH_2PO_4$ , 21.75g de  $K_2HPO_4$ , 33.4g de  $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$  y 1.7g de  $NH_4Cl$  en una de 500ml de agua destilada y diluya a un litro. El pH debe ser 7.2.<sup>3</sup>

**9.- Demanda Inmediata de Oxígeno Disuelto: 12**

Los resultados son tomados del DBO inicial.

## 10.- Nitrógeno Amoniacal: 2.12

### Método utilizado:



### Cálculos:

La concentración de N. amoniacal en mg/l en la muestra original:

$$\text{N. amoniacal mg/l} = \frac{A \times C \times 1000}{B \times D}$$

Donde:

- A = mg de N. amoniacal obtenido en la curva estándar.
- B = ml de la muestra original usado en la destilación.
- C = ml del destilado total.
- D = ml de destilado que fué sometido a la reacción.

Reactivos:

- Reactivo de Nessler:

Disuelva 30g de Yoduro de potasio, cantidad posible (35ml) de agua libre de amoniaco. Adicione una solución saturada de Cloruro de mercúrico hasta que presente un ligero precipitado color bermellón. Agregue 400 ml de solución de Hidróxido de potasio 9N clarificado por sedimentación, afore a 1 l. mezcle y deje reposar y decante.

- Solución estandar de Cloruro de Amonio:

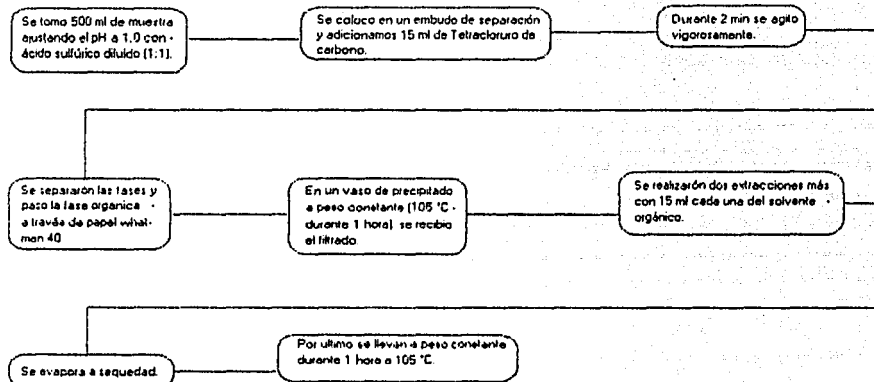
Disuelva 3.818g de cloruro de amonio (previamente secado por 1 Hora a 100 °C), en agua libre de amoníaco y afore a 1l. Tome una alícuota de 10ml y afore a 1l cada ml contiene 0,01 mg/de Nitrógeno.

- Solución amortiguadora de borato:

Añadir 88ml de NaOH 0.1N a 500 ml de solución de tetraborato de sodio ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) 0.025M (5.0 g de  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  por 1 l) y diluir a 1l.<sup>3</sup>

## 11.- Aceites y Grasa: 12

Método utilizado:



Cálculos :

$$\text{Aceites y Grasas mg/l} = \frac{\text{mg de residuo} \times 1000}{\text{ml de muestra}} \quad 3,8$$

## 12.- Sólidos Suspendedos Totales: 2

### Método utilizado:

Se agita la muestra, de la cual se tomó 100 ml para filtrar a través de un Gooch e peso constante (110 °C media hora)

Se coloca el crisol Gooch en una estufa a 110 °C por media hora.

Se saca y se peso.

### Cálculos:

$$\text{SST mg/l} = \frac{(A-B) \times 10^6}{\text{ml de muestra}}$$

### Donde:

- A = Peso del crisol con muestra.
- B = Peso del crisol sin muestra.<sup>3</sup>

## 13.- Sólidos Suspendedos Fijos y Volátiles: 2,12

### Método utilizado:

Se utilizó el mismo crisol Gooch de la muestra de SST

Se llevo a la ebullición a 550 °C durante 15 min

Despues de un lapso de tiempo, se peso

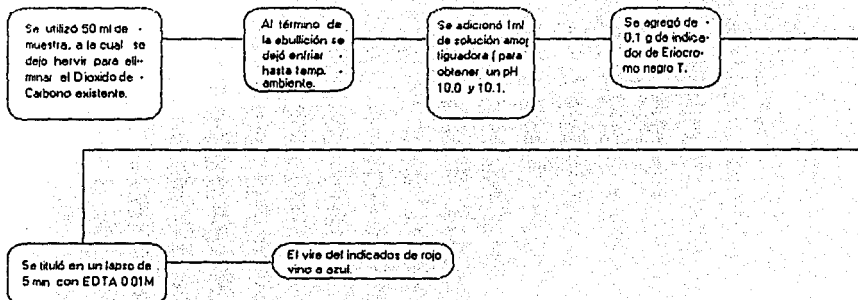
### Cálculos :

$$\text{SSF mg/l} = \frac{\text{mg de residuo} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

$$\text{SSV mg/l} = \text{SST} - \text{SSF} \quad 3$$

#### 14.- Dureza: 12

##### Método utilizado:



##### Calculos:

$$\text{mg CaCO}_3 / \text{ml} = \frac{V \times 1 \times F \ 1000}{V_m}$$

##### Donde:

- V = Volúmen de EDTA 0.01M gastado (ml).
- F = Factor de molaridad del EDTA (M real / M teorica).
- Vm = Volúmen de muestra usada.

##### Reactivos:

##### - Solución amortiguadora:

Disuelva 1.179 g de EDTA sal disódica dihidratada y 780 mg de sulfato de magnesio en 50 ml de agua destilada. Adicionar esta solución a 16.9 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y 143 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado, con agitación y diluya a 250 ml con agua destilada.

##### - Indicador de Eriocromo Negro T:

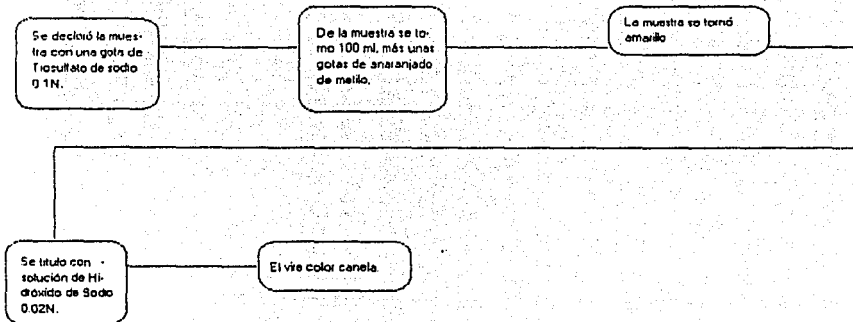
Pese .6 g indicador y 99.6 g de cloruro de sodio. Homogenice y triture en mortero.

##### - Solución EDTA titulante 0.01M:

Disuelva 3.723 g de EDTA sal disódica dihidratada en agua y afore a 100 ml.<sup>3,7</sup>

15.- Acidez: 11

Método utilizado:



Cálculos:

$$\text{Acidez mg/ml CaCO}_3 = \frac{A \times B \times 50\,000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

- A = ml de NaOH.
- B = Normalidad de NaOH.

Reactivos:

- Indicador de anaranjado de metilo:

Se disuelve 0.5 g de anaranjado de metilo y se afora a 1 l con agua destilada.

- Solución de NaOH 0.02N:

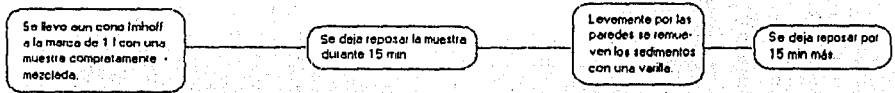
Diluir 200 ml de la solución de NaOH 0.1 a 1 l con agua destilada.

- Solución de NaOH 0.1N:

Dissolver 11 g de NaOH en 10 ml de agua destilada filtrar a través de un filtro Gooch. Diluir 6.46 ml del filtrado claro hasta 1 l con agua destilada exenta de CO<sub>2</sub>.

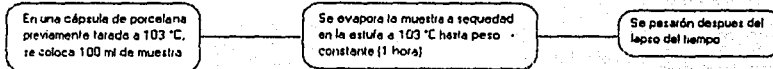
16.- Sólidos Sedimentables: 2,12

Método utilizado: 3.8



17.- Sólidos Totales: 2,12

Método utilizado:



Cálculos:

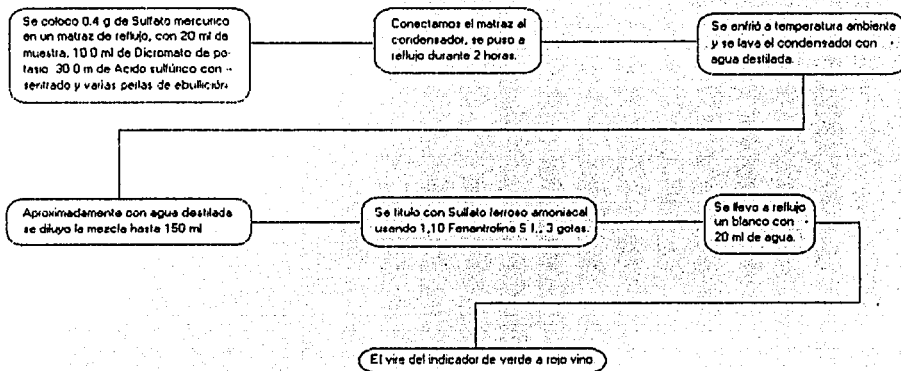
$$\text{mg/ml de ST} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

- A = Peso de la cápsula vacío.
- B = Peso de la cápsula con muestra después de evaporar.

## 18.- Demanda Química de Oxígeno (DQO): 12

Método utilizado:



Cálculos:

$$DQO \text{ mg/ml} = \frac{(A-B) \times 8000 \times N}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

- A = ml de Sulfato Ferroso Amoniacal, usado en el blanco.
- B = ml de Sulfato Ferroso Amoniacal, usado en la muestra.
- N = Normalidad del Sulfato Ferroso Amoniacal.

Reactivos:

- Solución de 0.25N de Dicromato de Potasio:

Las dos soluciones se preparan disolviendo 12.269 g de Dicromato de Potasio,  $K_2Cr_2O_7$ , secado previamente a  $103^\circ C$  por 2 horas, en agua destilada y diluyendo a 1000 ml.

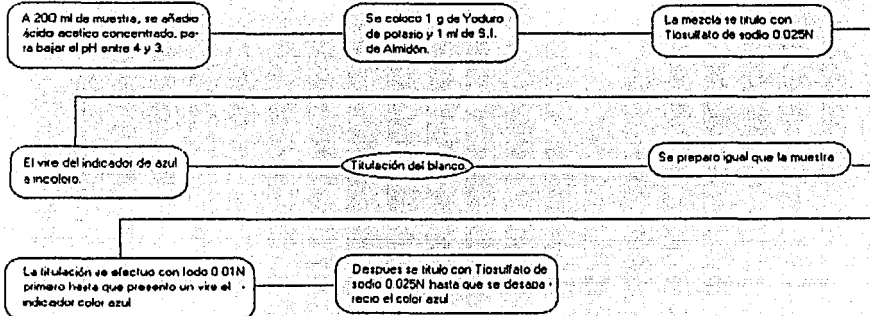


**- Solución de Sulfato Ferroso Amónico al 0,25N:**

Disolver 98,0 g de Sulfato Ferroso Amónico en aproximadamente 800 ml de agua, agregar cuidadosamente 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, enfriar, aforar a 1000 ml.<sup>3</sup>

**19.- Claro libre: 11.12**

**Método utilizado:**



**Cálculos:**

Del blanco:  
$$B = N_I \times V_I - N_T \times V_T$$

De la muestra:  
$$Cl \text{ mg/ml} = \frac{(A+/-B) \times N \times 35.450}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

Del blanco:

- $N_I$  = Normalidad de Iodo.
- $N_T$  = Normalidad de Tiosulfato de Sodio.
- $V_I$  = ml gastados con el Iodo.
- $V_T$  = ml gastados con el Tiosulfato de Sodio.

De la muestra:

- A = ml del titulante para la muestra.
- B = ml del titulante para el blanco (positivo ó negativo).
- N = Normalidad del Tiosulfato de Sodio 0.026N.<sup>3</sup>

20.- Cobre:

21.- Cinc:

22.- Plomo: 12

Los últimos tres parámetros no fueron analizados por nosotros por falta de el Espectro de Adsorción Atómica.

23.- Gasto: 11,12

Método utilizado:

Se midió el flujo del agua residual con un cubo de 200 ml de capacidad.

Bajo el tubo ó canal se colocó el cubo.

Se midió el tiempo que tardó en llenar el cubo.

Cálculos:

$$Q = V/t$$

Donde:

- Q = Gasto, en l/seg.
- V = Volúmen, en l.
- t = Tiempo en seg.<sup>3,8</sup>

# CAPITULO III

RESULTADOS :

TAFLA : 3.1 ANALISIS DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE.

Pruebas	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	X
1.- Caudal (l/seg)	6	5.5	6	6	7	6.5	6	6	6.5	6	6.5	6	6.5	7	6.5	6.3
2.- DBO (mg/l)	260	278	290	295	292	295	260	197	293	297	265	275	260	284	297	260
3.- DQO (mg/l)	8,635	8,530	8,620	8,612	8,620	8,608	8,570	8,392	8,627	8,610	8,631	9,518	8,623	8,620	8,925	8,595
4.- Sólidos Tot. (mg/l)	100.0	96.0	115.0	109.8	102.5	100.9	93.7	90.2	110.0	108.5	105.9	111.5	107.2	103.6	127.1	104.8
5.- SST (mg/l)	95.8	83.5	105.1	95.3	93.7	89.5	77.9	83.1	101.4	97.2	93.9	102.5	93.7	93.7	99.3	95.4
6.- SSF (mg/l)	79.4	68.9	65.9	73.8	75.8	62.7	59.5	65.8	67.9	72.4	69.9	63.0	78.3	73.9	69.5	74.5
7.- SSV (mg/l)	16.4	20.2	22.2	21.5	13.9	13.8	18.4	17.3	13.5	24.8	29.0	23.5	15.4	24.0	29.2	20.9
8.- S. sed. (ml/l)	20.0	19.5	20.5	20.3	20.3	19.9	19.9	20.7	20.4	20.2	20.5	20.3	20.0	20.2	20.5	20.1

37

FALLA DE ORIGEN

TABLA : 3.2 ANALISIS DE LOS EFLUENTES TRATADOS CON EDTA  
1.- EDTA 0.001M

Análisis	Prueba	Dosis (ml)				Prueba.	Dosis (ml)				Prueba.	Dosis (ml)			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO mg/l	3,095	2,545	2,148	2,130	ST mg/l	98.5	85.9	54.3	55.1	SST mg/l	85.0	79.2	42.5	40.9
2*		2,495	2,372	2,099	2,099		85.9	78.3	45.9	47.2		78.2	62.5	34.2	31.8
3*		3,108	2,558	2,139	2,145		100.9	95.3	68.5	68.2		95.4	83.2	54.5	53.9
4*		3,105	2,430	2,154	2,155		95.3	88.3	58.4	57.9		83.2	74.5	45.4	46.5
5*		3,110	2,539	2,155	2,160		94.5	79.9	49.9	49.1		83.5	65.2	36.9	39.5
6*		3,105	2,438	2,160	2,163		89.5	80.2	60.1	62.0		75.9	72.5	51.5	52.0
7*		3,042	2,520	2,105	2,103		94.3	73.5	45.7	43.5		72.4	65.4	34.9	35.5
8*		2,849	2,230	1,849	1,854		79.9	69.3	39.3	35.2		68.5	54.9	25.4	25.0
9*		3,149	2,602	2,231	2,230		103.0	98.4	68.5	69.2		93.2	84.8	45.9	47.2
10*		3,104	2,539	2,103	2,109		95.9	88.3	57.2	55.9		84.5	78.2	44.0	45.0
11*		3,115	2,593	2,110	2,110		99.2	83.4	53.4	53.5		85.2	79.4	48.2	48.0
12*		3,108	2,549	2,101	2,105		103.5	98.8	53.9	53.4		94.0	85.7	45.5	46.0
13*		3,089	2,520	2,098	2,095		95.8	67.3	50.0	49.3		84.3	79.4	48.8	48.0
14*		3,105	2,530	2,115	2,119		92.5	85.0	43.9	42.8		89.4	78.0	36.5	40.0
15*		3,108	2,549	2,145	2,148		88.5	76.4	40.1	40.5		78.2	65.4	32.3	30.5
8		3,078	2,501	2,114	2,115		92.8	85.1	51.9	51.9		83.9	73.9	42.1	42.0
Mét.		3,149	2,602	2,231	2,230		103.5	98.9	68.5	68.2		95.4	84.8	54.5	53.9
Min.		2,849	2,230	1,849	1,854		79.9	69.3	39.3	35.2		68.5	54.9	25.4	25.0

1.- EDTA 0.001M (CONTINUACION)

Analisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
1*	SSF mg/l	50	100	150	250	SSV mg/l	50	100	150	250	SSed 1/seg	50	100	150	250
2*		74.4	68.4	34.9	34.5		10.6	10.8	7.6	6.4		0.8	0.7	0.5	0.5
3*		65.5	54.9	24.5	29.5		13.7	7.6	9.7	2.3		0.5	0.4	0.3	0.3
4*		84.9	72.4	48.2	49.5		10.5	4.8	6.3	4.4		1.0	0.8	0.6	0.5
5*		74.3	69.5	39.5	38.5		8.3	5.0	5.9	8.0		0.9	0.7	0.5	0.5
6*		75.4	54.4	24.3	29.3		8.1	10.7	14.6	11.2		0.8	0.7	0.6	0.5
7*		65.9	62.5	45.2	45.0		6.0	4.0	6.3	7.0		0.5	0.4	0.2	0.3
8*		64.3	59.3	29.5	29.0		8.1	7.1	5.4	6.5		0.5	0.4	0.3	0.3
9*		54.5	47.5	19.4	20.0		14.0	7.4	6.0	5.0		0.5	0.4	0.3	0.3
10*		84.0	74.8	33.5	33.0		15.2	10.0	7.3	8.2		0.3	0.1	0.0	0.0
11*		74.5	62.9	33.8	36.0		10.0	14.3	8.2	9.0		0.8	0.7	0.5	0.4
12*		79.4	65.4	39.2	39.1		5.8	14.0	9.0	8.9		0.9	0.7	0.5	0.5
13*		87.2	79.5	34.7	35.2		6.8	6.2	10.8	10.8		1.0	0.8	0.7	0.7
14*		75.2	63.4	39.8	40.0		9.1	14.0	9.0	8.0		0.9	0.7	0.5	0.4
15*		79.3	63.3	25.9	27.1		10.1	14.7	13.6	12.9		0.8	0.7	0.5	0.4
		64.5	54.4	29.4	23.9	13.7	11.0	3.5	1.6	1.0	0.8	0.7	0.5		
≡		73.6	64.4	33.9	34.6	10.0	9.4	8.2	7.3	0.7	0.5	0.5	0.4		
Max.		87.2	79.5	48.2	49.5	15.2	14.7	14.6	11.2	1.0	0.8	0.7	0.7		
Min.		54.5	47.5	19.4	20.0	5.8	4.0	3.5	1.6	0.3	0.7	0.0	0.0		

39

FALLA DE ORIGEN

2.- EDTA 0.01M

Analisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO mg/l	2,520	2,098	2,100	2,099	ST mg/l	80.8	56.0	59.0	58.5	SST mg/l	75.4	49.5	50.0	48.8
2*		2,299	1,960	1,985	1,982		77.9	48.4	48.3	48.0		60.2	33.9	33.1	33.5
3*		2,490	2,075	2,090	2,078		93.0	65.3	65.0	64.9		78.0	64.2	55.0	54.3
4*		2,450	1,973	1,977	1,975		85.9	57.9	55.8	59.2		70.2	43.9	42.8	43.0
5*		2,509	1,999	1,200	1,205		80.3	42.8	45.4	45.0		53.0	35.2	35.3	35.3
6*		2,450	1,975	1,977	1,977		82.3	62.8	60.2	60.0		70.0	52.9	52.5	52.5
7*		2,518	1,897	1,900	1,895		79.0	43.9	43.9	43.5		64.2	40.2	35.9	33.5
8*		2,228	1,642	1,640	1,640		59.9	40.2	32.9	33.0		49.9	30.0	29.9	28.7
9*		2,545	1,965	1,970	1,969		69.2	60.2	61.2	60.0		62.0	40.3	40.5	40.5
10*		2,435	1,978	1,979	1,978		85.2	50.9	50.2	50.9		73.8	42.0	41.9	41.5
11*		2,499	1,945	1,950	1,949		85.2	55.2	55.0	55.0		75.2	45.3	45.0	45.2
12*		2,523	1,982	1,985	1,987		92.9	55.7	55.5	55.7		80.0	38.2	38.5	38.0
13*		2,511	1,978	1,990	1,985		85.2	49.2	50.0	50.3		75.4	45.3	45.2	45.2
14*		2,522	1,982	1,980	1,983		82.9	52.1	50.0	50.2		73.9	35.2	36.0	35.7
15*		2,499	1,999	1,200	1,202		75.0	40.5	42.0	40.9		75.2	40.3	33.9	33.8
Σ		2,470	1,934	1,860	1,960		83.0	52.3	51.6	51.6		71.0	41.8	41.4	41.6
Máx.		2,545	2,099	2,100	2,099		92.9	65.3	65.0	64.9		82.0	64.2	55.0	54.3
Mín.		2,228	1,642	1,200	1,202		59.9	40.2	32.9	33.0		49.9	30.0	29.9	28.7

40  
FALLA DE ORIGEN

2.- EDTA 0.01M ( CONTINUACION )

Análisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	SSF mg/l	65.2	30.8	31.0	30.5	SSV mg/l	10.2	18.7	19.0	19.3	S.Sed l/seg	0.7	0.5	0.5	0.5
2*		49.9	25.4	25.2	25.2		10.3	8.5	7.9	8.3		0.5	0.4	0.4	0.4
3*		75.4	43.2	43.1	43.3		2.6	11.0	11.9	11.0		0.7	0.6	0.5	0.6
4*		63.9	34.3	35.0	34.9		6.3	9.6	7.8	8.1		0.7	0.5	0.5	0.5
5*		49.9	20.5	20.3	20.0		13.2	14.7	15.0	15.3		0.6	0.4	0.4	0.4
6*		65.2	40.0	40.2	40.0		4.8	12.9	12.3	12.9		0.4	0.3	0.2	0.2
7*		55.2	24.2	24.0	23.9		9.0	16.0	11.9	15.6		0.3	0.2	0.2	0.2
8*		40.8	20.5	20.3	20.7		8.5	9.5	9.6	9.0		0.3	0.3	0.2	0.2
9*		70.0	35.2	35.0	34.8		12.0	5.1	5.5	5.7		0.0	0.0	0.0	0.0
10*		53.8	29.5	30.0	29.9		14.0	12.5	11.9	11.6		0.7	0.5	0.4	0.4
11*		62.4	35.2	35.7	35.5		11.8	10.1	9.3	9.7		0.6	0.5	0.5	0.5
12*		74.9	23.8	30.0	23.9		5.1	8.4	8.5	8.1		0.8	0.7	0.6	0.7
13*		60.0	34.5	35.0	35.0		15.4	10.8	10.2	10.2		0.8	0.6	0.6	0.6
14*		53.8	20.9	20.2	20.5		14.1	14.3	15.3	15.2		0.7	0.5	0.5	0.5
15*		49.9	30.5	30.3	30.3		25.3	9.8	9.6	9.5		0.8	0.7	0.7	0.7
R		60.2	30.3	30.4	30.3		10.8	11.5	11.1	11.3		0.6	0.4	0.4	0.4
Máx		75.4	43.2	43.1	43.3		25.3	18.7	15.0	19.3		0.6	0.7	0.7	0.7
Mín.		49.8	20.5	20.2	20.0		2.6	5.1	5.5	5.7		0.0	0.0	0.0	0.0

41  
FALLA DE ORIGEN



3.- EDTA C I M

Análisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO	2,100	2,095	2,099	2,100	ST	55.0	54.9	55.1	55.0	SST	45.2	45.5	45.0	45.3
2*	mg/l	1,950	1,950	1,949	1,949	mg/l	44.8	44.5	44.5	44.7	mg/l	29.8	29.5	29.5	29.5
3*		2,080	2,079	2,079	2,079		59.7	60.0	59.8	59.9		50.3	50.0	50.2	50.0
4*		1,950	1,949	1,950	1,950		51.2	50.8	51.0	51.0		39.8	39.5	39.7	39.5
5*		1,960	1,955	1,957	1,959		37.5	37.2	37.3	37.2		31.5	31.2	31.3	31.4
6*		1,959	1,959	1,959	1,959		57.2	57.0	57.1	57.0		49.3	49.0	48.1	48.1
7*		1,692	1,691	1,693	1,691		36.5	39.7	38.2	38.3		35.5	36.7	36.6	36.7
8*		1,635	1,634	1,634	1,634		35.1	34.9	35.2	35.0		26.9	26.8	26.9	26.9
9*		1,950	1,950	1,950	1,950		55.3	55.2	55.3	55.3		36.3	36.5	36.2	36.3
10*		1,971	1,970	1,969	1,970		44.9	44.8	44.9	45.0		39.9	39.7	39.7	39.7
11*		1,939	1,939	1,938	1,939		50.3	50.2	50.0	50.0		41.5	41.2	41.3	41.3
12*		1,978	1,975	1,977	1,977		50.7	50.5	50.7	50.7		34.8	34.8	34.5	34.7
13*		1,969	1,970	1,969	1,969		45.3	45.5	45.3	45.4		41.3	41.5	41.3	41.5
14*		1,975	1,974	1,974	1,974		47.3	47.3	47.3	47.3		31.9	32.0	31.8	31.9
15*		1,990	1,989	1,990	1,990		35.9	35.7	36.0	36.2		35.5	36.7	36.8	36.5
N			1,954	1,953	1,953		1,953		47.2	46.7		47.2	47.2		39.0
Máx.		2,100	2,095	2,099	2,100		59.7	60.0	59.8	59.9		50.3	50.0	50.2	50.0
Mín.		1,635	1,634	1,634	1,634		35.1	34.9	35.2	35.0		26.9	26.8	26.9	26.9

42 FALLA DE ORIGEN

3.- EDTA 0.1M (CONTINUACION)

Análisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	SSF mg/l	26.5	25.7	26.5	26.4	SSV mg/l	18.7	18.8	18.5	18.9	S.Sed 1/seg	0.5	0.4	0.5	0.5
2*		21.3	21.0	21.1	20.9		8.5	8.5	8.4	8.6		0.4	0.4	0.4	0.4
3*		28.3	29.5	29.8	29.0		11.0	10.5	11.0	11.0		0.6	0.5	0.5	0.5
4*		30.2	30.0	30.0	30.0		9.6	9.5	9.7	9.5		0.5	0.4	0.5	0.5
5*		16.2	16.0	15.5	16.4		15.3	15.2	14.8	15.0		0.4	0.4	0.4	0.4
6*		35.2	35.0	35.5	35.3		12.1	12.0	11.6	11.3		0.3	0.2	0.2	0.2
7*		20.5	20.7	20.3	20.2		16.0	16.0	16.3	15.5		0.2	0.0	0.0	0.0
8*		16.5	16.3	16.2	16.5		10.4	10.5	10.7	10.4		0.0	0.0	0.0	0.0
9*		31.2	31.3	31.2	31.5		5.1	5.2	5.0	4.8		0.5	0.4	0.4	0.4
10*		25.2	25.3	25.0	25.0		13.7	13.4	13.7	13.7		0.5	0.5	0.5	0.5
11*		31.2	31.0	31.2	31.3		10.3	10.2	10.1	10.0		0.7	0.6	0.7	0.7
12*		25.3	25.2	25.2	25.2		9.5	9.5	9.3	9.5		0.6	0.6	0.6	0.6
13*		30.2	30.5	30.4	30.4		11.1	11.0	10.9	11.1		0.5	0.5	0.6	0.5
14*		16.5	16.4	16.5	16.5		15.4	15.6	15.3	15.4		0.5	0.5	0.5	0.5
15*		26.5	26.3	26.3	26.4		10.0	10.4	10.5	10.1		0.7	0.7	0.7	0.7
Méx		29.2	29.1	29.1	29.1		11.6	12.1	11.7	11.6		0.5	0.4	0.4	0.4
Méx		33.3	33.5	33.2	33.0		13.7	13.8	13.5	13.9		0.7	0.7	0.7	0.7
Méx		16.2	16.0	16.2	16.4		5.1	5.2	5.0	4.8		0.0	0.0	0.0	0.0

43

FALLA DE ORIGEN

TABLA : 3.3 ANALISIS DE LOS EFLUENTES TRATADOS CON  $\text{Ca}(\text{OH})_2$   
 1.-  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0.1 %

Análisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO mg/l	3,245	2,895	2,450	2,445	ST mg/l	105.4	98.5	66.4	65.9	SST mg/l	94.3	87.3	55.4	55.2
2*		3,230	2,698	2,340	2,341		94.3	85.2	53.5	53.3		88.9	74.3	42.8	42.5
3*		3,425	2,890	2,450	2,449		110.4	106.7	75.2	75.0		104.3	94.0	66.5	66.0
4*		3,420	2,840	2,475	2,478		104.9	94.3	65.7	65.5		94.0	83.9	57.0	57.0
5*		3,425	2,957	2,495	2,493		103.5	88.7	55.4	55.0		92.9	78.9	49.7	50.0
6*		3,407	2,743	2,467	2,465		98.3	90.3	72.3	72.0		88.5	65.9	54.3	54.1
7*		3,395	2,836	2,426	2,422		99.4	85.5	57.8	57.5		88.4	74.5	45.4	45.2
8*		3,155	2,575	2,154	2,155		98.5	80.5	48.3	48.5		79.4	63.4	36.4	40.0
9*		3,475	2,915	2,534	2,535		115.2	101.3	64.9	65.0		110.4	93.7	57.5	57.3
10*		3,420	2,845	2,410	2,405		109.3	97.6	68.0	68.0		94.3	89.4	53.2	53.1
11*		3,435	2,899	2,530	2,427		109.9	94.7	65.3	65.2		95.3	80.2	59.3	59.0
12*		3,420	2,865	2,420	2,415		104.2	107.3	65.4	65.2		103.8	92.4	59.3	59.0
13*		3,395	2,835	2,385	2,323		104.3	93.5	64.2	57.3		97.4	88.2	59.0	59.3
14*		3,405	2,825	2,427	2,427		104.3	93.2	55.5	55.7		97.5	80.3	45.5	45.7
15*		3,435	2,654	2,435	2,434		99.4	67.3	54.3	54.5		85.3	70.3	43.4	43.1
* Máx.		3,379	2,825	2,419	2,419		104.4	93.6	62.1	61.6		94.4	81.8	52.5	52.4
* Mín.		3,475	2,915	2,534	2,535		115.2	107.3	75.2	75.0		110.4	94.0	66.5	66.0
		3,155	2,575	2,154	2,155		54.3	80.5	48.3	48.5		79.4	63.4	35.4	40.0

41

FALLA DE ORIGEN

1.- Ca(OH)<sub>2</sub> 0.1 % (CONTINUACION)

Análisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQD	83.2	74.3	45.4	45.0	ST	11.1	12.0	10.0	10.2	SST	1.0	0.8	0.6	0.6
2*	mg/1	73.2	63.2	43.2	43.1	mg/1	15.7	11.1	0.0	0.0	mg/1	0.7	0.7	0.5	0.5
3*		93.9	82.4	59.3	59.2		10.4	10.6	7.2	6.8		1.2	1.0	0.9	0.7
4*		83.2	78.3	48.3	48.3		10.8	5.6	8.7	8.7		1.0	0.9	0.9	0.7
5*		63.5	65.2	35.7	35.5		8.9	14.7	14.0	14.5		0.9	0.9	0.8	0.8
6*		73.2	70.0	54.5	54.2		15.3	0.0	0.0	0.0		0.7	0.5	0.3	0.3
7*		73.4	65.9	39.3	39.0		16.0	8.6	6.1	6.2		0.7	0.5	0.4	0.3
8*		85.3	53.2	28.9	29.0		14.1	10.2	10.5	11.0		0.4	0.3	0.3	0.2
9*		55.2	83.3	45.3	45.4		15.2	10.4	12.2	11.9		0.9	0.9	0.7	0.7
10*		83.4	73.4	44.5	45.0		10.9	16.0	8.7	8.1		1.0	0.8	0.8	0.7
11*		84.3	73.7	45.0	45.1		11.0	6.5	14.3	13.4		1.1	1.0	1.0	0.8
12*		98.3	85.2	45.3	45.0		5.6	8.2	14.0	14.0		1.0	0.9	0.8	0.8
13*		87.7	73.4	45.4	45.3		9.7	14.8	13.6	14.0		0.9	0.9	0.8	0.6
14*		85.9	72.4	33.4	33.4		11.6	7.9	12.1	12.3		0.9	0.8	0.8	0.7
15*		79.3	69.2	35.9	35.5		6.0	15.1	7.5	7.6		1.0	0.9	0.8	0.6
x			68.9	71.9	43.3		43.2		11.5	10.2		9.3	9.3		0.9
Méx		98.3	85.2	59.3	59.2		16.0	16.0	14.3	14.5		1.2	1.0	1.0	0.8
Min		65.3	53.8	29.5	29.0		5.6	0.0	0.0	0.0		0.4	0.3	0.3	0.2

45 FALLA DE ORIGEN

2.- Ca(OH)<sub>2</sub> 0.2 %

Analysis	Prueba	Dosis (ml)				Prueba	Dosis (ml)				Prueba	Dosis (ml)			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO	2,918	2,249	2,250	2,349	ST	50.0	65.4	65.3	65.5	SST	83.4	63.0	63.5	63.3
2*	mg/l	2,589	2,278	2,275	2,277	mg/l	85.9	54.9	55.0	54.5	mg/l	70.9	40.3	40.3	40.1
3*		2,778	2,378	2,375	2,375		104.3	72.3	72.0	72.0		88.2	60.9	61.0	61.7
4*		2,748	2,254	2,252	2,252		93.8	68.2	68.5	68.3		84.2	54.5	54.3	54.0
5*		2,800	2,233	2,287	2,295		91.3	54.2	54.2	54.2		71.3	43.2	43.0	43.2
6*		2,735	2,247	2,247	2,245		92.3	70.2	71.0	70.3		82.4	64.2	64.0	64.0
7*		2,809	2,145	2,150	2,148		84.5	54.3	54.0	52.9		72.9	53.7	53.5	53.3
8*		2,518	1,929	1,925	1,927		67.9	50.3	50.5	50.1		60.7	52.4	52.0	51.9
9*		2,935	2,257	2,254	2,254		105.2	70.4	70.5	70.3		93.5	53.8	54.0	53.6
10*		2,789	2,225	2,225	2,223		98.5	69.5	69.5	69.5		82.4	52.4	52.2	52.4
11*		2,787	2,230	2,229	2,230		93.9	67.3	67.0	67.0		83.2	54.9	55.0	54.5
12*		2,815	2,233	2,230	2,230		100.4	60.6	61.0	60.5		93.8	47.5	47.3	47.0
13*		2,809	2,219	2,220	2,215		94.6	59.3	58.5	59.2		84.5	54.3	54.5	54.5
14*		2,815	2,233	2,235	2,235		93.4	67.9	68.0	67.7		82.1	47.0	47.2	47.0
15*		2,775	2,193	2,200	2,195		89.2	58.1	55.0	58.0		85.4	51.3	51.0	51.0
			2,751	2,222	2,230		2,229		92.4	62.9		63.9	62.7		91.7
Máx.		2,635	2,378	2,375	2,375		105.3	72.3	72.0	72.0		93.8	64.2	64.0	64.0
Mín.		2,516	1,923	1,925	1,927		67.9	53.3	50.5	50.1		60.7	40.3	40.3	40.1

46 FALLA DE ORIGEN



3.- Ca(OH)<sub>2</sub> 0.3 %

Análisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO	2,407	2,405	2,406	2,407	ST	69.3	69.0	68.0	68.0	SST	52.4	52.3	52.4	52.4
2*		2,220	2,219	2,221	2,220		53.2	53.5	53.0	53.2		38.5	38.4	38.2	38.4
3*	mg/1	2,178	2,175	2,175	2,175	mg/1	68.7	68.5	68.7	68.7	mg/1	64.9	65.0	65.1	64.7
4*		2,232	2,230	2,231	2,231		60.4	60.2	60.5	60.0		49.9	50.2	49.8	49.9
5*		2,254	2,254	2,250	2,250		48.2	48.0	48.5	48.3		43.7	43.5	43.6	43.7
6*		2,234	2,223	2,233	2,233		64.6	64.3	64.3	64.3		59.8	58.5	58.5	58.5
7*		2,147	2,145	2,145	2,145		45.3	45.6	45.3	45.3		48.4	48.5	48.3	48.5
8*		1,926	1,525	1,526	1,927		43.1	43.0	43.2	43.0		39.7	39.7	39.5	39.2
9*		2,229	2,230	2,228	2,228		62.3	62.5	62.3	62.3		48.4	48.5	48.3	48.3
10*		2,234	2,232	2,230	2,230		58.0	52.3	51.9	52.0		49.3	49.5	49.2	49.2
11*		2,223	2,220	2,220	2,220		52.9	53.0	52.7	52.9		52.4	52.0	52.0	52.0
12*		2,258	2,255	2,259	2,253		65.5	65.3	65.5	65.7		48.3	48.5	48.5	48.3
13*		2,235	2,240	2,238	2,238		60.3	60.5	60.0	60.0		53.4	53.4	53.5	53.2
14*		2,254	2,252	2,252	2,252		52.4	52.4	52.4	52.4		44.9	44.7	44.5	44.7
15*		2,245	2,244	2,242	2,245		43.4	43.5	43.2	43.4		47.8	47.5	47.5	47.5
* Méx.		2,219	2,217	2,217	2,217		59.9	59.0	59.0	56.0		49.5	49.5	49.3	49.2
Mín.		2,407	2,405	2,406	2,407		69.7	68.5	68.7	68.7		64.9	65.0	65.1	64.7
		1,926	1,925	1,926	1,927		43.1	43.0	43.2	43.0		38.5	38.4	38.2	38.4

48

FALLA DE ORIGEN







1.- Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0.1 % ( CONTINUACION )

Analisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	SSF mg/1	82.9	74.3	42.9	43.0	SSV mg/1	16.0	10.9	11.0	10.5	SSed l/seg	0.9	0.8	0.6	0.6
2*		75.0	63.4	42.9	43.0		10.8	12.0	0.0	0.0		0.7	0.7	0.7	0.7
3*		91.9	62.9	60.2	60.0		9.9	11.0	5.7	6.0		1.2	1.0	0.9	0.8
4*		84.5	79.0	47.9	47.7		9.4	9.9	10.3	10.3		1.0	0.9	0.9	0.8
5*		85.4	67.0	35.4	35.3		6.6	13.3	14.8	14.8		0.9	0.9	0.9	0.9
6*		72.9	72.3	54.3	54.5		12.5	0.0	0.0	0.0		0.7	0.6	0.5	0.5
7*		75.2	64.9	40.1	40.0		12.7	9.0	5.9	5.7		0.7	0.5	0.4	0.3
8*		67.4	53.5	23.2	28.0		11.4	9.9	10.7	11.1		0.5	0.4	0.4	0.3
9*		94.8	82.7	45.0	45.0		13.9	10.2	12.4	12.5		0.8	0.8	0.7	0.5
10*		83.2	72.9	43.8	43.9		11.3	17.4	8.6	8.6		1.0	0.9	0.9	0.8
11*		85.4	73.5	45.2	45.0		10.1	6.3	13.5	13.9		1.0	1.0	1.0	0.8
12*		97.5	87.5	47.0	43.2		9.9	5.3	12.8	12.6		0.9	0.9	0.8	0.8
13*		87.5	72.0	43.9	44.0		8.4	17.5	17.3	17.0		0.9	0.9	0.9	0.8
14*		85.5	72.4	33.7	33.5		11.3	6.5	13.5	14.0		0.9	0.8	0.8	0.8
15*		79.4	62.4	35.4	35.2		7.0	15.0	12.9	7.8		1.0	1.0	0.9	0.8
Max.		92.3	72.9	43.1	43.1	10.4	9.9	10.0	9.7	0.9	0.8	0.7	0.7		
Min.		67.4	53.5	23.2	28.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.4	0.3		

2.- Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0.2 %

Análisis	Prueba	Dosis (ml)				Prueba	Dosis (ml)				Prueba	Dosis (ml)			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO mg/l	2,820	2,345	2,347	2,345	ST mg/l	93.0	65.4	65.9	65.5	SST mg/l	84.0	63.2	63.0	63.3
2*		2,590	2,277	2,276	2,276		63.4	55.3	55.6	55.2		71.2	40.2	40.0	40.2
3*		2,775	2,380	2,360	2,360		103.9	73.0	73.1	73.1		60.5	61.0	60.9	60.9
4*		2,757	2,255	2,257	2,255		94.5	68.4	68.4	68.4		85.4	54.5	55.0	54.7
5*		2,902	2,268	2,287	2,268		92.0	52.9	53.7	53.5		71.2	43.5	43.2	43.4
6*		2,737	2,245	2,247	2,247		92.4	70.9	71.0	71.0		62.5	64.3	64.0	64.2
7*		2,810	2,144	2,147	2,144		65.6	55.4	55.3	55.3		73.0	50.3	50.5	50.5
8*		2,515	1,930	1,987	1,930		65.9	52.4	52.0	52.2		51.0	52.5	52.4	52.0
9*		2,837	2,255	2,253	2,255		105.6	71.0	70.8	70.9		93.9	62.4	59.8	59.2
10*		2,790	2,225	2,227	2,225		99.4	67.4	67.8	67.5		63.5	53.5	53.3	53.5
11*		2,765	2,225	2,227	2,225		94.0	67.6	67.3	67.5		63.4	54.5	54.7	54.5
12*		2,616	2,233	2,230	2,230		100.5	60.7	60.6	60.7		59.1	46.5	46.7	46.4
13*		2,809	2,225	2,220	2,220		98.2	55.9	53.0	53.0		84.5	53.9	54.1	54.1
14*		2,617	2,235	2,237	2,236		93.3	67.4	67.5	67.4		63.2	45.8	45.0	46.3
15*		2,775	2,200	2,202	2,202		66.9	58.5	58.5	58.5		66.3	51.5	51.3	51.3
* Máx.		2,762	2,220	2,231	2,235		92.7	52.3	62.3	62.3		82.2	52.6	52.5	52.5
Mín.		2,937	2,350	2,380	2,200		105.6	73.0	70.1	73.1		95.1	64.3	64.0	64.2
		2,515	1,930	1,927	1,930		65.9	52.4	52.0	52.2		61.0	40.2	40.0	40.2

52

FALLA DE ORIGEN

2.-  $Al_2(SO_4)_3$  0.2 % (CONTINUACION)

Análisis	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	SSF mg/1	72.5	60.2	58.9	60.0	SSV mg/1	10.5	3.0	3.1	3.3	SSed 1/seg	0.9	0.5	0.6	0.5
2*		56.9	32.0	31.9	32.0		14.3	8.2	8.1	8.2		0.8	0.6	0.5	0.5
3*		82.4	53.4	52.2	52.5		2.1	7.6	7.7	7.4		0.8	0.7	0.7	0.6
4*		75.4	43.1	43.2	43.4		10.0	11.8	11.8	11.3		0.9	0.6	0.7	0.5
5*		60.0	32.8	33.0	32.9		11.2	10.7	10.5	10.5		0.7	0.5	0.5	0.5
6*		74.5	54.2	54.6	54.1		8.0	10.1	9.4	10.1		0.6	0.4	0.5	0.4
7*		66.2	36.7	36.6	36.4		6.8	11.6	11.9	12.2		0.5	0.4	0.4	0.3
8*		54.0	34.9	35.0	34.7		7.0	17.3	17.4	17.3		0.4	0.4	0.3	0.3
9*		85.2	42.3	42.0	42.2		8.1	11.1	11.3	11.0		0.3	0.2	0.2	0.2
10*		69.2	36.2	36.0	36.0		14.9	15.1	15.3	15.3		0.8	0.7	0.6	0.6
11*		71.2	43.2	43.0	43.4		12.2	11.3	11.7	11.1		0.6	0.5	0.5	0.5
12*		35.1	36.0	36.2	36.0		14.0	10.5	10.5	10.4		0.9	0.8	0.7	0.7
13*		72.4	43.2	43.5	43.3		12.5	10.7	10.6	10.9		0.9	0.9	0.5	0.5
14*		69.4	32.4	32.0	32.5		18.6	13.4	14.0	13.9		0.8	0.7	0.6	0.7
15*		55.2	41.0	41.2	41.4		31.1	10.6	10.1	9.9		0.9	0.7	0.7	0.7
x		70.0	41.7	41.7	41.7		11.9	10.9	10.9	11.0		0.7	0.6	0.5	0.5
Méx.		89.4	60.2	60.0	60.0		18.8	17.6	17.4	17.3		0.9	0.9	0.7	0.7
Mín.		54.0	32.0	32.0	32.0		2.1	3.0	3.1	3.3		0.3	0.2	0.2	0.2

53

FALLA DE ORIGEN

3.- Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0.3 %

Analisis Prueba. Dosis (ml). Prueba. Dosis (ml). Prueba. Dosis (ml).

	Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).				Prueba.	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	DQO	2,405	2,405	2,407	2,405	ST	69.7	69.5	69.8	69.3	SST	53.2	53.3	53.5	53.0
2*		2,218	2,220	2,222	2,218		53.4	52.9	53.0	53.5		39.4	39.6	39.2	39.7
3*	mg/1	2,178	2,177	2,179	2,177	mg/1	67.9	69.2	68.5	67.8	mg/1	65.2	65.3	65.5	65.4
4*		2,230	2,232	2,230	2,229		61.2	60.8	61.3	60.9		49.8	50.2	50.0	50.0
5*		2,255	2,254	2,255	2,227		49.0	49.3	49.5	49.0		45.2	45.5	45.9	45.7
6*		2,236	2,238	2,235	2,238		64.3	64.3	64.9	64.5		58.9	59.0	59.2	58.8
7*		2,145	2,145	2,145	2,145		45.2	44.8	45.3	45.5		47.0	47.5	47.3	47.7
8*		1,926	1,925	1,925	1,924		44.2	44.3	44.5	43.9		40.2	40.5	40.7	40.4
9*		2,236	2,229	2,225	2,230		62.5	62.7	62.4	62.7		45.5	45.2	45.0	45.0
10*		2,232	2,230	2,235	2,234		52.4	52.8	52.5	52.7		50.0	50.0	50.0	50.0
11*		2,224	2,222	2,225	2,225		53.2	53.0	53.1	53.4		52.4	52.4	52.0	52.6
12*		2,256	2,254	2,252	2,253		66.2	65.5	65.8	65.6		46.2	46.2	46.3	46.2
13*		2,240	2,238	2,239	2,240		55.5	59.7	59.4	59.6		51.0	51.0	50.7	50.5
14*		2,255	2,252	2,253	2,254		53.2	53.0	53.1	53.4		45.6	45.6	45.0	45.5
15*		2,247	2,245	2,244	2,247		45.0	45.1	44.9	45.2		48.5	48.3	48.9	48.2
x		2,219	2,219	2,219	2,216		55.4	55.4	55.5	55.5		49.2	49.2	49.2	49.3
Máx.		2,405	2,405	2,407	2,405		68.7	68.5	68.8	69.3		65.2	65.3	65.5	65.4
Mín.		1,926	1,926	1,925	1,924		44.2	44.3	44.5	43.9		39.4	39.6	39.2	39.7

3.- Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0.3 % ( CONTINUACION )

Análisis	Prueba	Dosis (ml).				Prueba	Dosis (ml).				Prueba	Dosis (ml).			
		50	100	150	250		50	100	150	250		50	100	150	250
1*	SSF mg/l	35.4	35.2	35.0	35.2	SSV mg/l	17.8	18.1	18.5	17.8	S.Sed 1/seg	0.6	0.6	0.5	0.5
2*		30.2	30.0	30.2	30.0		9.2	9.8	9.0	9.7		0.6	0.5	0.5	0.5
3*		45.2	45.3	45.3	45.2		20.0	20.0	20.2	20.2		0.7	0.6	0.5	0.5
4*		42.3	42.2	42.5	42.3		7.5	8.0	7.5	7.7		0.6	0.5	0.6	0.5
5*		28.4	28.5	28.4	28.2		16.8	17.0	16.9	17.5		0.5	0.5	0.5	0.5
6*		45.4	45.3	45.4	45.4		13.5	12.7	13.8	13.4		0.5	0.5	0.5	0.4
7*		33.2	32.9	33.0	33.0		13.8	14.5	14.2	14.7		0.4	0.4	0.4	0.4
8*		26.9	27.2	27.3	27.5		13.3	13.3	13.4	12.9		0.0	0.0	0.0	0.0
9*		42.4	42.5	42.2	42.4		3.1	2.7	2.8	2.6		0.6	0.5	0.4	0.5
10*		31.6	31.7	31.8	32.0		18.4	18.3	18.2	18.0		0.6	0.6	0.6	0.6
11*		41.2	41.0	40.9	41.3		11.0	11.4	11.1	11.5		0.8	0.7	0.6	0.7
12*		36.4	36.7	36.3	36.5		9.5	9.5	10.0	9.7		0.8	0.8	0.8	0.7
13*		42.5	42.4	42.8	42.3		8.3	8.6	7.9	9.2		0.7	0.6	0.7	0.7
14*		28.2	29.0	28.8	28.1		16.1	16.6	16.2	16.4		0.6	0.6	0.6	0.6
15*		34.2	34.2	34.5	34.4		14.3	14.1	14.4	13.6		0.9	0.7	0.7	0.7
		33.3	33.3	33.3	33.3		12.9	13.0	12.8	12.6		0.5	0.5	0.5	0.5
Máx.		45.4	45.3	45.4	45.2		20.0	20.0	20.2	20.2		0.8	0.8	0.8	0.7
Mín.		26.9	27.2	27.3	27.5		3.1	2.7	2.8	2.6		0.0	0.0	0.0	0.0

55

FALLA DE ORIGEN

## Eficiencia.

$$\frac{SST_{\text{iniciales}} - SST_{\text{finales}}}{SST_{\text{iniciales}} \times 100}$$

1.- EDTA 0.001M con 250 ml  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2.1).

$$(95.4 - 42.0 / 95.4) 100 = 56.0 \%$$

2.- EDTA 0.01M con 150 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2.2).

$$(95.4 - 41.4 / 95.4) 100 = 56.6 \%$$

3.- EDTA 0.1M con 50 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2.3).

$$(95.4 - 37.9 / 95.4) 100 = 60.27 \%$$

4.-  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0.1% con 250 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.3.1).

$$(95.4 - 52.4 / 95.4) 100 = 45.1 \%$$

5.-  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0.2% con 100 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.3.2).

$$(95.4 - 59.9 / 95.4) 100 = 44.5 \%$$

6.-  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0.3% con 50 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.3.3).

$$(95.4 - 49.5 / 95.4) 100 = 48.11 \%$$

7.-  $\text{AlSO}_4$  0.1% con 250 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.4.1).

$$(95.4 - 52.5 / 95.4) 100 = 45.0 \%$$

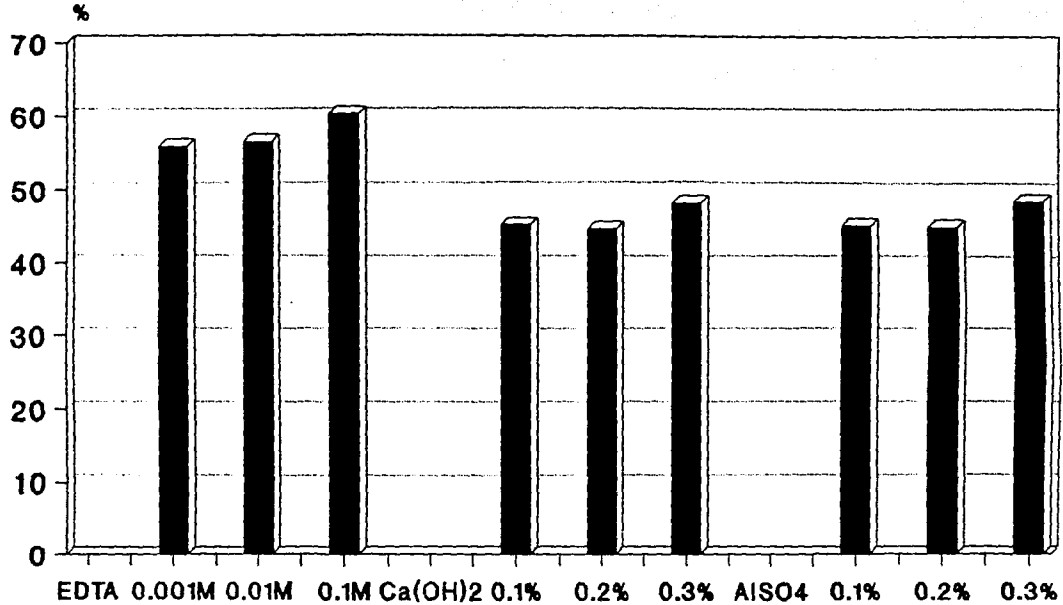
8.-  $\text{AlSO}_4$  0.2% con 100 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.4.2).

$$(95.4 - 52.6 / 95.4) 100 = 44.9 \%$$

9.-  $\text{AlSO}_4$  0.3% con 50 ml.  
(Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.4.3).

$$(95.4 - 49.2 / 95.4) 100 = 48.4 \%$$

**GRAFICA No. 3.1**  
**EFICIENCIA.**



■ EFICIENCIA.

Resultados de los tratamientos pilotos.



**TABLA 3.5. RESULTADOS DE AGUA RESIDUAL DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE SEDESOL CON UN TRATAMIENTO DE COAGULACION.**

<b>PARAMETROS</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICADO</b>
1.- Descripción	Líquido.	Líquido
2.- pH	8.50	Entre 5.0-10.0
3.- Color (escala platino-cobalto)	70.00 U de color.	Máx 100 Udecolor
4.- Olor	Casi inodoro.	Determine
5.- Conductividad	1.500.00 Mmhos/cm	Máx. 2.000 Mmhos/cm
6.- Temperatura.	30.00 °C.	Máx. 35.0 C
7.- Coliformes	2,000 UFC.	Máx. 10,000UFC
8.- DBO	68.00 mg/l.	Máx. 70.0 mg/l
9.- OD	30.00 mg/l.	Máx. 32.0 mg/l
10.- Nitrógeno amoniacal	3.50 mg/l.	Máx. 5.0 mg/l
11.- Aceites y grasas	59.00 mg/l.	Máx. 70.0 mg/l
12.- Sólidos suspendidos totales	49.50 mg/l.	Máx. 70.0 mg/l
13.- Sólidos sedimentales	0.60 mg/l.	Máx. 1.0 mg/l
14.- Dureza	345.00 mg/l.	Máx. 300.0 mg/l
15.- Acidez	200.00 mg/l.	Máx. 400.0 mg/l
16.- Cobre	0.044 mg/l.	Máx. 0.05 mg/l
17.- Cinc	0.085 mg/l.	Máx. 0.10 mg/l
18.- Plomo	0.079 mg/l	Máx. 0.10 mg/l
19.- Gasto	6.3 l/seg	Determine.

## DISCUSION DE RESULTADOS

Se señala cual es la estructura de las tablas de los resultados obtenidos en base a los análisis efectuados, para tener un conocimiento detallado de su contenido.

Referencia Tabla 3.1 :

Para conocer el efluente se realizó un análisis previo durante quince días, demostrando lo siguiente :

Gasto : 63 l/seg es el volúmen de agua que pasa por la sección transversal de una corriente por unidad de tiempo.

DBO : 280 mg/l es el resultado que nos indica directamente la cantidad de oxígeno que consumirán los procesos para estabilizar la materia orgánica bajo ciertas condiciones de acidez , temperatura y tiempo.

DQO : 8,596 mg/l es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar a la materia orgánica.

Sólidos Totales : 104.8 mg/l es la totalidad de materia que queda en un recipiente, después de la evaporación.

SST : 95.4 mg/l son los Sólidos Suspendidos Totales los que aumentan los problemas de sedimentación y putrefacción, sirven de guía, para controlar la operación satisfactoria de los procesos de Planta y para la eliminación final de los desechos.

SSF y SSV : 74.5 mg/l son los Sólidos Suspendidos Fijos y 20.9 mg/l los Sólidos Suspendidos Volátiles nos sirven para obtener una medida de la cantidad de la materia orgánica (SSF) e inorgánica (SSV) presente.

Sólidos Sedimentables : 80.1 mg/l son los Sólidos en suspensión que se sedimentan por efluencia de la gravedad.

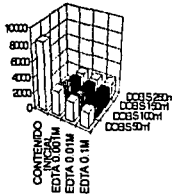
Referencia tabla 3.2 :

En este caso se tomó el EDTA como un precipitante por ser un agente quelante típico y trabaja como un secuestrante de los metales.

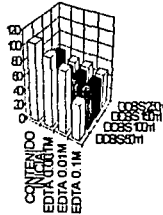
El EDTA a sus diferentes concentraciones y dosis, nos demuestran con los análisis realizados una eficiencia arriba del 50%, de acuerdo a los siguientes datos :

FALLA DE ORIGEN  
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

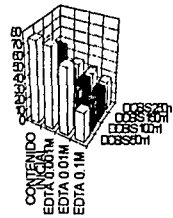
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.(mg/l)



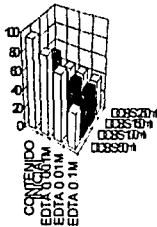
SOLIDOS TOTALES.(mg/l)



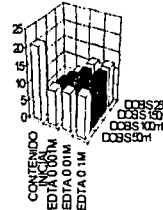
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS.(mg/l)



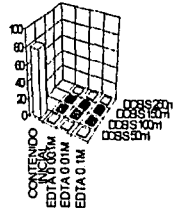
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.(mg/l)



SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES.(mg/l)



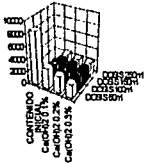
SOLIDOS SEDIMENTABLES.(mg/l)



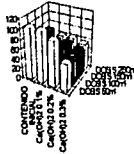
Referencia Tabla 3.3 :

Se utilizó como coagulante Hidróxido de Calcio, el cual nos demuestra con los análisis efectuados a sus diferentes concentraciones y dosis una eficiencia favorable aproximadamente del 50%, de acuerdo a los siguientes datos :

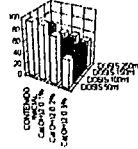
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.(mg/l)



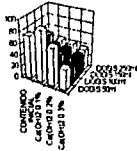
SOLIDOS TOTALES.(mg/l)



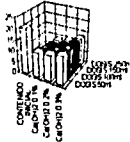
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.(mg/l)



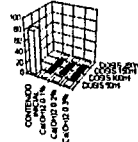
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS.(mg/l)



SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES.(mg/l)



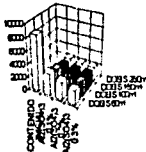
SOLIDOS SEDIMENTABLES.(mg/l)



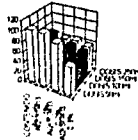
Referencia Tabla 3.4 :

El Sulfato de Aluminio, también se utilizó como un coagulante, el cual nos demuestra a sus diferentes concentraciones y dosis con los análisis efectuados una eficiencia favorable aproximadamente del 50%, de acuerdo a los siguientes datos :

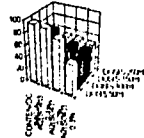
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.(mg/l)



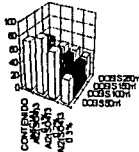
SOLIDOS TOTALES.(mg/l)



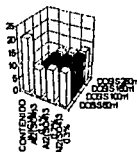
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.(mg/l)



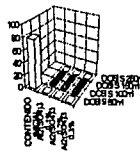
SOLIDOS SUSPENDIDOS  
FIJOS.(mg/l)



SOLIDOS SUSPENDIDOS  
VOLATILES.(mg/l)



SOLIDOS  
SEDIMENTABLES.(mg/l)



Se toma en consideración que las eficiencias son favorables, ya que los efluentes analizados fueron tomados cuando las Plantas automotrices tenían una producción al doble, normalmente tienen una producción media considerable durante 10 meses al año.

Los resultados obtenidos del efluente al inicio (Tabla 3.1), y del agua ya tratada (Tabla 3.2, 3.3, y 3.4) nos demostraron la cantidad de materia orgánica e inorgánica degradada en cada uno de los tres tratamientos dados al inicio.

Considerando todos los datos, se toman como tratamiento el de precipitación y coagulación, utilizando como coagulante el Hidróxido de Calcio, por su bajo costo ya que es el más barato en el mercado.

La parte crítica de este tratamiento se presentó en la cantidad añadida del coagulante porque se puede presentar una saturación. Por tanto, se usa una concentración al 0.3% 1 litro de efluente.

Referencia Tabla 3.5 :

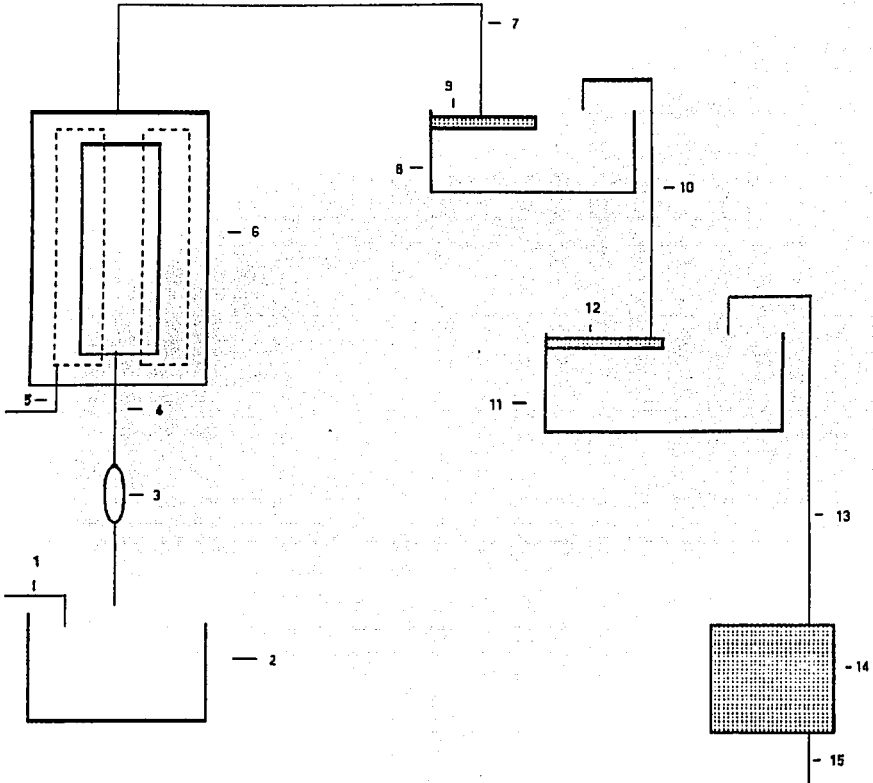
De acuerdo a los resultados de los análisis del efluente obtenido del tratamiento de precipitación y coagulación, son satisfactorios ya que se encuentran dentro de los límites especificados por SEDESOL.

Referencia Grafica 3.1 :

Nos demuestra la eficiencia en los tratamientos pilotos con diferentes coagulantes a distintas concentraciones cada uno.

# CAPITULO IV

# TRATAMIENTO DE PRECIPITACION Y COAGULACION.



- 1.- Entrada del efluente del área de prueba de la planta.
- 2.- Tanque de homogeneización.
- 3.- Bomba.
- 4.- Entrada del efluente.
- 5.- Entrada de la solución coagulante  $[Ca(OH)_2]$
- 6.- Reactor de aireación.
- 7.- Flujo de la línea después del reactor de aireación.
- 8.- Tanque de filtrado.

- 9.- Malla N° 7
- 10.- Flujo de la línea después del 1er tanque de filtración.
- 11.- 2° tanque de filtrado.
- 12.- Malla N° 10
- 13.- Flujo de la línea después del 2° tanque de filtrado.
- 14.- Malla N° 20
- 15.- Salida del agua ya tratada.

## DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO DE PRECIPITACION Y COAGULACION

- 1.- Entrada del efluente del area de pintura de la planta.
- 2.- Tanque de homogenización del efluente del area de pintura de la planta.
- 3.- Bombeo del efluente del tanque de homogenización al reactor de aereación.
- 4.- Entrada del efluente del tanque de homogenización.
- 5.- Entrada de la solución cuagulante [  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ] al 0.3%
- 6.- Reactor de aereación del efluente con la solución coagulante.
- 7.- Flujo de la línea despues de reactor de aereación.
- 8.- Tanque de filtrado del cuagulante con el efluente ya tratado
- 9.- Malla N° 7, retenedor del coàgulo de pintura.
10. Flujo de la línea despues del 1° tanque de filtración.
11. 2° tanque de filtrado, para una mejor separación del coàgulo de pintura con el efluente tratado.
12. Malla N° 10, retenedor del coàgulo de pintura.
13. Flujo de la línea despues del 2° tanque de filtrado.
14. Malla N° 20, retenedor final del coàgulo de pintura.
15. Salida del agua ya tratada.



## CONCLUSIONES:

I.- A lo largo del trabajo desarrollado, nos hemos dado cuenta que los análisis realizados son considerados importantes ya que nos proporcionan información para dar mantenimiento preventivo y correctivo a una planta tratadora de efluentes, aunque los lineamientos de SEDESOL no los marque todos (Capítulo II). Empleándolos nos dan a conocer la eficiencia del tratamiento y así obtener un producto final de buena calidad.

II.- Al conocer los resultados finales, el promedio de cada uno de los análisis efectuados nos muestra que los tratamientos son eficientes a un 50% aproximadamente en una producción alta (al doble de las producciones normales), por tanto, se toma como bueno, ya que nos permite tener un rango cuando se presenta lo contrario que normalmente es así, y tomando en cuenta que los resultados de nuestros análisis del efluente de la salida de la tratadora se encuentran dentro de los límites especificados por SEDESOL.

III.- Finalmente podemos concluir que un tratamiento de coagulación y precipitación puede mejorar los niveles altos de contaminación y reutilizar el agua ya tratada.

IV.- Con esto se desea recalcar la importancia y/o la gravedad de la contaminación específicamente en nuestro caso la del agua, ya que presenta grandes daños al medio ambiente y para el uso que le da el ser humano en la sociedad e industria, es por eso que hace falta un control durante o después de un tratamiento de efluentes adecuado para cada industria de acuerdo a su producción.

V.- Cada vez existe una tendencia mayor para ejercer controles de contaminación, afortunadamente, existe SEDESOL, que se encarga de establecer los límites de contaminantes de los efluentes de las industrias, controlando así sus desechos.

VI.- Para la Industria Automotriz la aportación de este trabajo es proponer un tratamiento que su efluente como resultado, se encuentre dentro de los límites de SEDESOL, y pueda ser reutilizada en la misma planta.

En nuestro país nos encontramos que la mano de obra es barata, por tanto, los países más industrializados vienen a colocar las industrias en países como el nuestro, dando como resultado aumento de la contaminación, por eso se proponen controles para disminuirla, en este caso se propone en el área de la industria que se encuentra en auge en el mercado.

En nuestros días por el Tratado de Libre Comercio, se tiende, que la productividad de las Industrias aumenten, por tanto, la reglamentación debe ser más estricta para nuestros controles ambientales, con esto tenemos en consideración que la economía de nuestro país mejore pero sin ser afectado el medio ambiente.

Así mismo, se desea también sugerir a los Q.F.B. que tienen un amplio mercado donde explotar los conocimientos aprendidos en la escuela, no encerrándonos en un círculo de trabajo, porque hoy en día sólo hay que buscar y tener ideas para desarrollar o explotar los conocimientos adquiridos.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Alberta A., Lilia. CURSO BASICO DE TOXICOLOGIA AMBIENTAL Ed. Centro Panamericana de Ecología Humana y Salud, 1985, México 371p.
- 2.- American Society for testing and Materials. MANUAL DE AGUA PARA USOS INDUSTRIALES. 3ª Ed. Limusa, 1982, México, 457p.
- 3.- Ciesceri, Lenore S. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTER WATER. 17ª Ed. American Public Health Association, 1989, USA. 10-203p.
- 4.- CODIFICACION SANITARIA MEXICANA 3ª Ed. Andrade, Tomo II, México, 1981, 1364p.
- 5.- Collie, M.J. INDUSTRIAL WATER TREATMENT CHEMICALS AND PROCEESES. Ed. Noyes Data Corporation, 1983, USA. 317p.
- 6.- Crockford, H.D. FUNDAMENTOS DE FISIQUIMICA. 2ª Ed. Continental S.A., 1983, México. 465p.
- 7.- ESPECIFICACION DE AGUA POTABLE Ed. Lakeside, MP-207, 1982, México. 21p.
- 8.- ESPECIFICACION DE AGUA RESIDUAL Ed. Proquifin, 1985, México. 10p.
- 9 Estrada, Carmen. INFORME ESPECIAL - INDUSTRIAL AUTOMOTRIZ. EXPANCIION Año XVIII. Vol XVIII, Nª 433, México. 34-46p (1986).

- 10.- Helman, Jose. FARMACOTECNIA TEORICA Y PRACTICA. 3° Ed. Limusa, Tomo II, 1982, - México. 620p.
- 11.- Helrick, Kenneth. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. 15° Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. vol. I, 1990, USA. 684p.
- 12.- Hillebrand E. Herman. MANUAL DE TRATAMIENTOS DE AGUA. 9° Ed. Limusa, 1987, México. 205p.
- 13.- Hoyos Parras, Everardo Carlos. DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES ACEITOSOS DE REFINERIAS. Tesis profesional, UNAM, 1981, México, 215p.
- 14.- Kemmer N., Frank. MANUAL DEL AGUA. Ed. Mc. Graw-Hill, Interamericana, Tomo III, 1988, México. 43-20p.
- 15.- Kirk E., Raymond. ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA. Ed. Hispano Americano, 1962, México, Tomo XVI. 550p.
- 16.- Koch, Othmar G. HANDBUCH DER SPURENANALYSE. Ed. Springer, Verlag, 1984. 937p.
- 17.- Lozano Aviles, Carlos. MANUFACTURA Y ANALISIS EN ESMALTES AUTOMOTIVOS ACRILICOS - TERMOFILOS. Tesis profesional, UNAM, 1988, México. 132p.
- 18.- MANUAL TECNICO DEL AGUA. 4° Ed. Degremont, 1979, México. 813p.
- 19.- Maskew G., Charles J. PURIFICACION DE AGUAS Y TRATAMIENTOS Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES. Ed. Limusa, 1979, México, vol II. 749p.

- 20.- Morrison, Robert Thornton. QUIMICA ORGANICA. 2ª -  
Ed. Fondo Educativo Interoamericano, 1986, México.  
1375p.
- 21.- Patterson, James W. INDUSTRIALS WASTEWATER  
TREATMENT TECHNOLOGY. 2ª Ed. Butterworth, 1986,  
London. 403p.
- 22.- Pfafflin, Ziegler. ENCYCLOPEDIA OF ENVIRONMEN -  
TAL SCIENCE AND ENGINEERING. Ed. Gordonand  
Breach Science, 1976, volm I, New York 468p.
- 23.- REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL -  
DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS. Normatividad Ecg  
logica No. 4, SEDUE, 1986, México. 40p
- 24.- Schenk, George H. QUIMICA ANALITICA CUANTICA. Ed.  
Continental S. A., 1984, México. 602p.
- 25.- Siting, Marshall. HOW TU REMOVE POLLUTANTS AND  
TOXIC MATERIALS FROM AIR AND WATER. Ed. Noyes  
Data Corporation, 1977, USA. 385p.
- 26.- Solís Segura, Luz María. DETERMINACION ANALITICA  
EN AGUAS CONTAMINADAS. Tesis profesional, UIA, 1978,  
México. 315p.
- 27.- Vogel, Arthur I. QUIMICA ANALITICA CUANTITATIVA. Ed.  
Kapelusz. volm I. 1988. México. 811p.