

Nº 21
215



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**"DISEÑO DE UN SEDIMENTADOR PRIMARIO
PARA UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
LAURO CORDOVA GASPAR



**FACULTAD DE
QUIMICA**

México, D. F. 1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

DISEÑO DE UN SEDIMENTADOR PRIMARIO PARA UNA PLANTA DE LODOS--
ACTIVADOS.

INDICE.	PAGINA
CAPITULO I	
INTRUDUCCION.	1
CAPITULO II	
ANTECEDENTES.	3
2.1.-Datos generales de la ciudad de Paraíso, Tab.	3
2.2.-Necesidad del tratamiento de las aguas residuales.	3
2.3.-Finalidad del tratamiento primario de las aguas residuales.	5
2.4.-Definición y origen de las aguas residuales.	5
2.4.1.-Desechos humanos y animales.	5
2.4.2.-Desperdicios caseros.	6
2.4.3.-Corrientes pluviales.	6
2.4.4.-Infiltraciones de aguas subterráneas.	6
2.4.5.-Desechos industriales.	6
2.5.-Características físicas, químicas y biológicas de aguas residuales.	10
2.5.1.-Características físicas.	10
2.5.2.-Características químicas.	13
2.5.3.-Características biológicas.	18
CAPITULO III	
CARACTERIZACION DEL AGUA RESIDUAL Y OBTENCION DE DATOS EXPERIMENTALES.	22
3.1.-Estimación del gasto de aguas residuales a tratar.	22
3.2.-Características del agua residual de la ciudad de Paraíso, Tabasco.	24
3.3.-Proceso de sedimentación.	25
3.4.-Resultados experimentales.	33

CAPITULO IV.	PAGINA
DISEÑO DEL TANQUE DE SEDIMENTACION.	47
4.1.-Funciones del diseño.	47
4.2.-Configuración del sedimentador.	49
4.3.-Factores de seguridad.	49
4.4.-Manejo de los datos obtenidos experimentalmente.	50
4.4.1.-Trazado de las curvas de igual concentración.	50
4.4.2.-Cálculo de sólidos suspendidos removidos. velocidad de sedimentación y carga super- ficial a diferentes tiempos de sedimentacion.	54
4.4.3.-Cálculo del tiempo de residencia, área requere- da y altura para el sedimentador.	65
4.4.4.-Cálculo del volumen de lodo generado diaria- mente.	76
4.4.5.-Cálculo de la velocidad de bombeo de lodo promedio.	77
CAPITULO V.	
ASPECTOS ECONOMICOS.	78
5.1.-Consideraciones para la evaluación de costos.	78
5.2.-Volumen de materiales.	79
5.3.-Volúmenes de obra y costos de los mismos.	80
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES.	81
CAPITULO VII	
BIBLIOGRAFIA.	86

CAPITULO I

INTRODUCCION.

La naturaleza ha dotado al mundo de una sustancia maravillosa.-- Su ausencia haría que la vida no existiera. Sin duda, el agua es de vital importancia para todo ser vivo, ya que la ocupa para subsistir y realizar actividades o funciones diariamente.

Desgraciadamente, la crisis de agua amenaza al mundo, no por la falta de este líquido en la tierra, sino porque el hombre con su actividad, con la tecnología existente, con la organización moderna de la producción industrial, desperdicia enormes cantidades de agua natural, que ya no es reutilizable por estar contaminada. Esto trae como consecuencia un problema; los desechos generados necesitan una disposición final.

Desde la antigüedad se trató de darle solución al problema, -- pues Moises (Deuteronomio, capítulo 23, versículo 12 y 13) establece una responsabilidad personal para la disposición adecuada de la materia orgánica contaminante.

El problema de disponer de las aguas residuales fué imponiéndose, debido al uso del agua para recoger y arrastrar los productos de desecho de la vida humana. Antes de esto, los volúmenes de desecho, sin que el agua sirviese de vehículo, eran muy pequeños y su eliminación no era difícil. Al paso del tiempo, comenzó a suministrarse agua a las poblaciones y gran parte se usó para arrastrar desechos caseros; pero, se hizo necesario encontrar métodos para disponer no solamente de los desechos mismos, sino para el agua portadora. Se emplearon tres métodos sencillos: irrigación, disposición subsuperficial y la dilución; -- usando mayormente este último.

A medida que creció la población, aumentó el volumen de aguas residuales y desechos orgánicos, y los métodos anteriores resultaron insatisfactorios.

Evidentemente, se hizo necesario desarrollar métodos que cumplieran los siguientes objetivos:

I.--conservar las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico, agrícola e industrial.

2.-Prevenir enfermedades.

3.-Mantener limpias las aguas para programación y supervivencia de los peces.

4.-Prevenir la obstrucción de los canales navegables.

en la actualidad, existen métodos eficientes para cumplir -- con los objetivos anteriores.

El objetivo principal de esta tesis es, diseñar un sedimentador primario como parte integrante de una planta de tratamiento de aguas residuales, tomando como base las aguas residuales de la ciudad de Paraíso, Tabasco, como solución al problema de la disposición final de las aguas de esta ciudad, las cuales son vertidas al río Seco, causando serios problemas de contaminación - al eliminar varias especies acuáticas y ser fuente de enfermedades.

En el capítulo II, se plantean los datos generales de la ciudad, el origen de las aguas residuales, las características físicas, químicas y biológicas del agua, así como la determinación del -- gasto a tratar.

En el capítulo III, se hace la caracterización del agua residual, y la obtención de datos experimentales a través de una torre de sedimentación.

En el capítulo IV, se realiza el diseño del sedimentador primario.

En el capítulo V, se tratan los aspectos económicos del diseño.

En el capítulo VI, se escriben las conclusiones de este trabajo, y finalmente en el capítulo VII, aparece la bibliografía utilizada.

Este trabajo contribuye al desarrollo de los procesos de prevención y control de contaminación de aguas residuales, para cumplir por lo menos con el tratamiento primario, antes de ser vertidas al río Seco, esto significa cuidar la vida, la salud, el bienestar y la naturaleza circundante a la ciudad de Paraíso, Tab.

CAPITULO II

ANTECEDENTES.

2.1.-DATOS GENERALES DE PARAISO, TABASCO.

Paraíso es un municipio que pertenece a la región de la -- Chontalpa, una de las cuatro Regiones del estado de Tabasco. Es también el nombre de la cabecera Municipal.

El Municipio se encuentra situado a los 18° 22' de latitud norte y 93° 12' de longitud oeste. Su altura sobre el nivel del mar es de 5 metros; colinda al norte con el Golfo de México, al sur y al oeste con el Municipio de comalcalco, y al este con el Municipio de centla y Jalpa (FIGS.- - 2.11 Y 2.12).

El clima es cálido ecuatorial, la presión barométrica es de 750 mm. de Hg., la temperatura máxima registrada es de 38.5°C y la mínima de 16°C, la precipitación pluvial promedio anual es de 1920 mm.

Dentro de las actividades de la población se encuentran el comercio, la agricultura, la pesca, la ganadería y en los últimos 10 años, un sector fuerte de la población se dedica a los trabajos de construcción y operación de la Terminal Marítima Dos Bocas, la cual es propiedad de Petróleos-Mexicanos.

En la figura 2.13 se muestra un plano de la ciudad de Paraíso, en el que se puede observar como todas las calles - tienen pendientes hacia el río Seco.

2.2.-NECESIDAD DEL TRATAMIENTO PRIMARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Los Pueblos del estado de Tabasco, tienen la característica común de haberse fundado al margen de un río, así por ejemplo, Villahermosa está fundada al margen del río Grijalva; Emiliano Zapata al margen del río Usumacinta; Macuapa al margen del río del mismo nombre y así muchos más.- Paraíso no es la excepción, pues está fundado a la rivera del río Seco (FIG. 2.1.3). Esta característica común, hace que los Pueblos tabasqueños lucieran una belleza extra

ordinaria en sus inicios. Desgraciadamente la mala planeación - ha provocado que los desechos se descarguen hacia los ríos, ocasionando altos índices de contaminación que poco a poco van exterminando los seres vivos de los ríos y sus alrededores. En la actualidad sucede lo mismo en la ciudad de Paraíso, pues aquí - se vierten al río las aguas residuales y pluviales. Lo anterior traé como consecuencia que el aspecto del río sea muy desagradable. La contaminación ha llegado a extremos en que la vida acuática casi es nula, el aspecto del río es casi negro y malholiente, cambiando el paisaje que antes era digno de halagos por los visitantes.

Para resolver este problema de contaminación, el Gobierno Municipal, a finales de 1983 dragó el río con el fin de lograr una mayor velocidad del agua, y así arrastrar los desechos, pero -- los resultados fueron negativos.

Así queremos que el aspecto del río cambié, si deseamos que -- existan peces nuevamente en él, si queremos controlar la contaminación, y además sirva para recreo de la Población, es muy -- necesario tratar las aguas residuales, para evitar que continúe el desastre ecológico. Hay que evitar a como de lugar, tirar -- más desechos al río.

De este modo se logrará además, cumplir con el reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, que deriva de la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental, en vigencia desde el 29 de mayo de 1973 y hasta 1991 continúa vigente, según la Ley general del equilibrio ecológico y la protección del ambiente. El mencionado reglamento menciona en el artículo 13, que los responsables de las descargas de aguas residuales que no sean arrojadas en el alcantarillado de las Poblaciones, deberán ajustarlas a los siguientes parámetros:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1.-Sólido sedimentables | 1.0 MG/LT. |
| 2.-Grasas y aceites | 70.0 MG/LT. |
| 3.-Materia flotante | Ninguna que pueda ser retenida por una malla |

	de 3 mm. en cuadro.
4.-Temperatura	35.0°C.
5,-PH	4.5 - 10.0

Como se ve en las características del agua residual de Paraíso -- (TABLA 3.1), en lo que respecta a sólidos sedimentables y materia flotante, éstos parámetros rebasan las cantidades establecidas.

2.3.-FINALIDAD DEL TRATAMIENTO PRIMARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

En base al problema de contaminación existente, los objetivos a resolver con el diseño del sedimentador primario para aguas residuales son:

- 1.-Mantener limpias las aguas receptores que sirven para la programación y supervivencia de las especies acuáticas.
- 2.-Controlar la contaminación ambiental en áreas aledañas al río, a su paso por la ciudad.
- 3.-Cumplir con el reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas.

Con el tratamiento primario, se desea eliminar en su mayoría la materia orgánica e inorgánica de las aguas residuales.

En relación a los lodos producidos, se pueden emplear como relleno.

2.4.-DEFINICION Y ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Se define como aguas residuales aquellas que provienen del quehacer doméstico, establecimientos comerciales e industriales, y que se desechan por estar contaminadas.

El origen es la mezcla resultante entre el agua y:

- 2.4.1.-Desechos humanos y animales.
- 2.4.2.-Desechos caseros.
- 2.4.3.-Corrientes pluviales.
- 2.4.4.-Infiltraciones de aguas subterráneas.
- 2.4.5.-Desechos industriales.
- 2.4.1.-Desechos humanos y animales.--Son aquellos formados por la materia fecal y la orina que lleva el agua.

Estos desechos pueden contener organismos perjudiciales al hombre, por lo que su eliminación por un tratamiento seguro y eficaz, constituye el principal problema de acondicionamiento de las aguas residuales para su disposición final.

2.4.2.-Desperdicios casero.-Son todos los desechos provenientes de las actividades domésticas, como lavado de ropa, trastos, limpieza de pisos, restos de alimentos, Etc.

Los principales contaminantes son los detergentes y jabones.

2.4.3.-Corrientes pluviales.-El agua de lluvia al caer sobre las Poblaciones, arrastra tierra, papeles, pedazos de maderas, bolsas de plástico, hojas de los árboles, Etc.

En algunas Poblaciones se deja que estos escurrimientos pluviales vayan al alcantarillado que sirve para colectar los desechos propios de la comunidad, formado parte importante de las aguas residuales. en otras, se colectan aparte y no se mezclan con las aguas residuales de la comunidad.

2.4.4.-Infiltraciones de aguas subterráneas.-El drenaje va enterrado, y en muchas ocasiones queda debajo del nivel de los mantos de agua, especialmente cuando es época de lluvias. Existe entonces entre las secciones de la tubería que no quedan perfectamente ajustados, y por la porosidad de material que generalmente es concreto, infiltraciones de agua.

2.4.5.-Desechos industriales.-Generalmente contienen sustancias químicas, dependiendo de la industria que provengan éstos, y deben tomarse las precauciones necesarias para su alimentación dado que dañan las alcantarillas y drenaje en general. Es por esto que no deben agregarse directamente a las aguas residuales, sino que deben tener tratamiento preliminar.

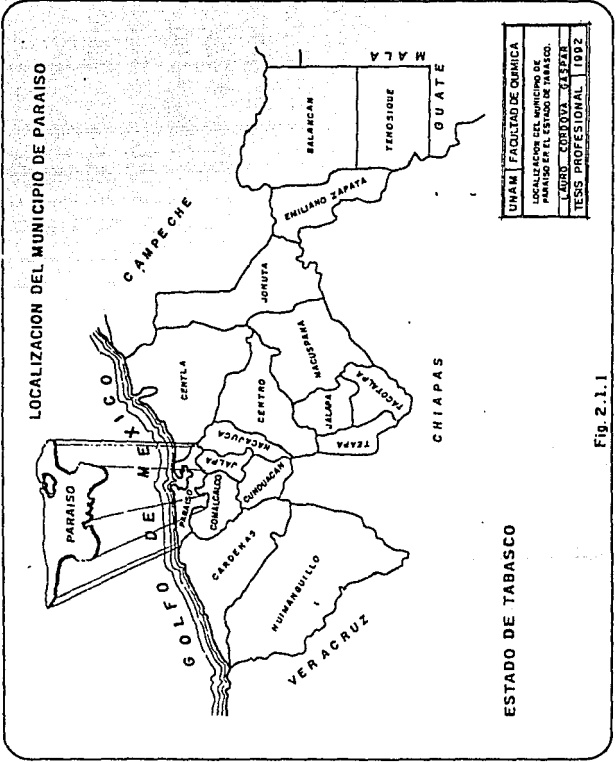
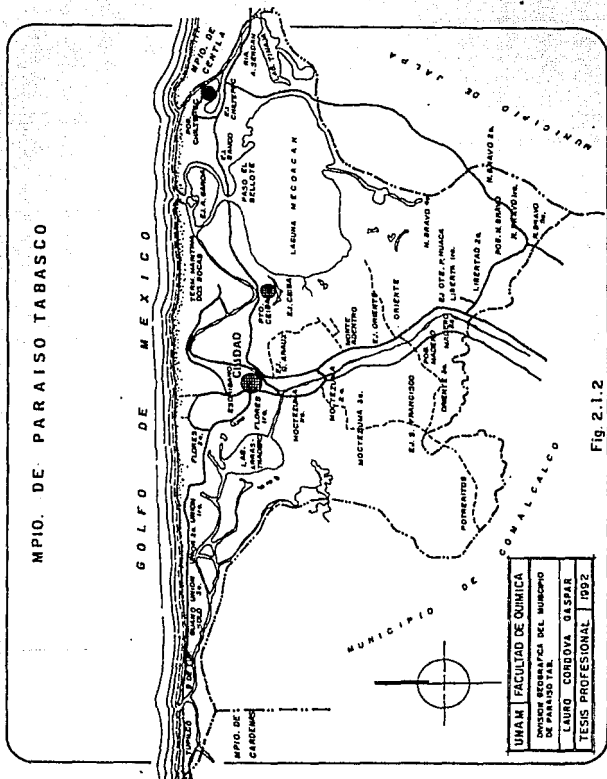


Fig. 2.1.1



MPIO. DE PARAISO TABASCO

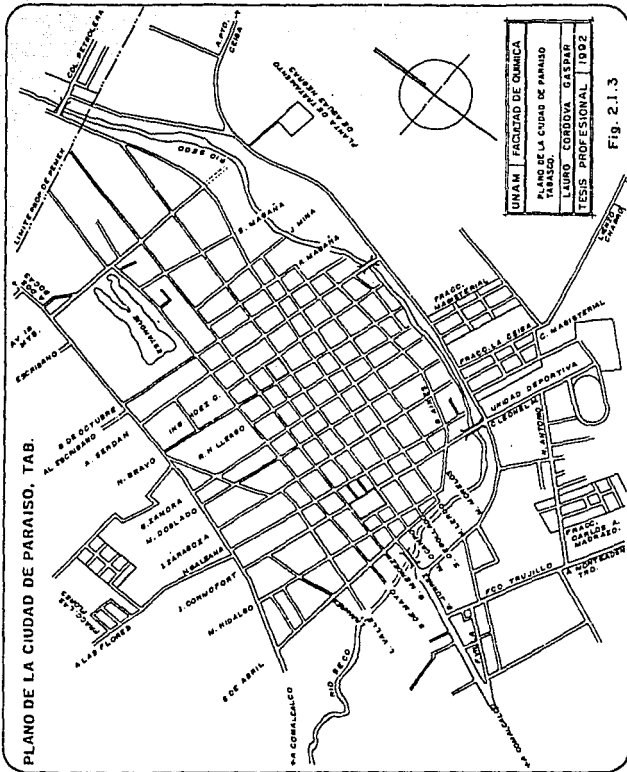
GOLFO DE MEXICO

MUNICIPIO DE

MUNICIPIO DE JALPA

UNAM	FACULTAD DE QUIMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	INSTITUTO DE GEOGRAFIA DEL MUNICIPIO DE PARAISO TAB.
LAURO CONGOVA GASPAR	TESIS PROFESIONAL 1992

Fig. 2.1.2



2.5.-CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y BIOLOGICAS DE LAS - - AGUAS RESIDUALES.

2.5.1.-Características físicas.-Dentro de éstas, las más - importantes son: Temperatura, sólidos, color y - - olor.

Temperatura.-Los efectos de la temperatura se ven: la rapidez de estabilización de la materia orgánica, nivel de saturación de oxígeno disuelto y en la rapidez de aereación. Es por eso que este -- parámetro es muy importante para los organismos -- presentes en las aguas residuales.

El dispositivo para tomar lecturas de temperatura - es un termómetro de mercurio con una escala de 10- a 100°C.

Las lecturas deben hacerse en lugares diferentes,- para obtener varios datos representativos.

Sólidos.-Se define como sólidos a los residuos que quedan después de evaporar a 103°C en una estufa,- una muestra de agua.

Procedimiento general para la determinación de sólidos totales, sólidos totales volátiles, sólidos-totales fijos, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables.

En una cápsula de porcelana previamente puesta a - peso constante (A), se adiciona una muestra de - - agua previamente agitada. Se evapora la muestra a sequedad en baño maria, y se pasa la cápsula a la estufa a 103 - 105°C durante una hora. Posteriormente se enfría en un desecador, y se pesa (B).

Si se requieren sólidos fijos y/o volátiles, la -- misma cápsula con el residuo se introduce en la mufla a una temperatura entre 500 y 600°C durante 20 minutos, se enfría en el desecador y se pesa (C). A= peso de la cápsula de porcelana a peso constante en MG.

B = peso de la cápsula de porcelana con los residuos en MG. --
después de haber estado en la estufa a 103 - 105°C.

C = peso de la cápsula de porcelana con los residuos en MG. --
después de haber estado en la mufla a 500 - 600°C.

CÁLCULOS:

Sólidos totales = $\frac{(B - A) \text{ MG. } \times 1000}{\text{ML. DE MUESTRA}} = E \text{ (MG/LT)}$.

ML. DE MUESTRA

Sólidos totales volátiles = $\frac{(B - c) \text{ MG. } \times 1000}{\text{ML. DE MUESTRA}} = F \text{ (MG/LT)}$.

ML. DE MUESTRA

Sólidos totales fijos = sólidos totales - Sólidos totales -
volátiles.

= E - F (MG/LT).

Sólidos suspendidos.--Son aquellos que están en la superficie del agua, y que pueden ser eliminados por filtración y sedimentación. Estos a su vez se clasifican en sedimentables y coloidales.

La determinación se realiza de la siguiente manera: preparar una suspensión con 15 Gr. de fibra de asbesto en un litro de agua destilada, y verter una porción en un crisol Gooch el cual ha sido instalado en un matraz de filtración al vacío, hasta formar una capa de unos 3 MM. de espesor. Se seca el crisol con la capa de asbesto en la estufa a 103°C y se calcina en la mufla para ponerla a peso constante, en el desecador y se pesa (A).

Se vuelve a colocar el crisol sobre el matraz de filtración y se agrega la muestra de agua residual, procediendo a filtrarse. SE seca el crisol en la estufa a 103°C durante una hora, se enfría en el desecador y se pesa B).

CÁLCULOS:

Sólidos suspendidos totales = $\frac{(B - A) \text{ MG. } \times 1000}{\text{ML. DE MUESTRA}} = \text{MG/LT}$.

ML. DE MUESTRA.

Sólidos sedimentables.--Se determinan de la siguiente manera: En un cono Imhoff, se vierte un litro de agua residual y se deja reposar durante 45 minutos, luego con un agitador se despegan sólidos que se han adheridos a la pared, para que

sedimenten y se deja reposar 15 minutos más. Los sólidos sedimentales se leen directamente en ML/LT.

COLOR.-Las aguas residuales frescas son generalmente grises; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son digeridos -- por las bacterias, el oxígeno disuelto en el desecho se reduce a cero y el color cambia a negro. En estas condiciones, se dice que el desecho presenta condiciones sépticas.

Algunos desechos industriales pueden imponerle color a los desechos domésticos.

OLOR.-Los olores en un desecho son debido a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. Los desechos frescos tienen un olor distintivo, alguno desagradable, menos molestos que los olores sépticos de los desechos.

El olor predominante es el debido al ácido sulfhídrico producido por los microorganismos anaerobios, los cuales reducen los sulfatos a sulfuros. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos ó que producen olor en el proceso de tratamiento.

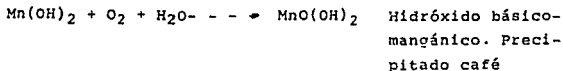
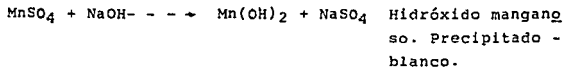
2.5.2.-Características químicas.-Dentro de éstas están el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), y grasas y aceites. Oxígeno disuelto (OD).-Este es el oxígeno que usan los microorganismos aerobios para la oxidación de la materia orgánica, produciendo sustancia más sencillas que son inofensivas, tales como CO₂ y agua. Mientras que los microorganismos anaerobios realizan la oxidación, utilizando el oxígeno de sales inorgánicas, como los sulfatos. De aquí se producen sustancias peligrosas como los sulfuros que son tóxicos.

Lo importante es mantener condiciones favorables para que se desarrollen los microorganismos aerobios, y así evitar los olores desagradables de los sulfuros producidos por la descomposición anaerobia.

El oxígeno es menos soluble a altas temperaturas, y es cuando aumenta la velocidad de oxidación biológica, y por ende la demanda de oxígeno. La baja solubilidad del oxígeno en el agua, es el factor limitante para la degradación de la materia orgánica.

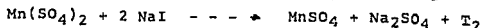
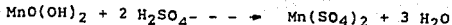
Determinación del oxígeno disuelto.-En una botella de DBO se agrega la muestra de agua, luego se adicionan 2 Ml. de solución de sulfato manganoso, cuidando que la punta de la pipeta penetre medio centimetro en el agua. Luego se adicionan 2 Ml. de reactivo alcali-yoduro-azida. Al hacer ésta adición de la misma forma que la anterior, se forma un precipitado café, si hay oxígeno disuelto, en caso contrario el precipitado es blanco.

REACIONES:

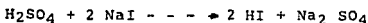
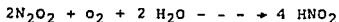


Después de agregar el reactivo álcali-yoduro-azida, se tapa la botella y se agita por 30 segundos. Dejando sedimentar el precipitado. Finalmente, se adicionan 2 Ml. de ácido sulfúrico concentrado y se agita hasta disolución total del precipitado.

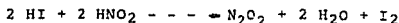
REACCIONES:



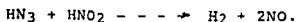
La desventaja del método (Winkler), es que hay sustancias que interfieren tales como, iones nitratós, ferrosos. Etc. Por lo general, las aguas residuales tienen compuestos nitrogenados -- que alteran los resultados.



Pero;



Para evitar interferencias. Se usa la modificación de la azida al método Winkler, la que consiste en agregar azida de sodio al reactivo álcali-yoduro. Para formar álcali-yoduro-nitruro.



La titulación se hace con solución de tiosulfato de sodio - - ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.025 N, usando almidón como indicador.

CALCULOS:

$$\text{ppm de O.D.} = \frac{\text{Ml. DE TIOSULFATO} \times \text{N} \times \text{Peq} \times 1000}{\text{ML. DE MUESTRA.}}$$

donde; N= normalidad del tiosulfato de sodio.

Peq= peso equivalente del oxígeno.

Corrección del volumen de muestra.

Reactivos agregados. 6 Ml. (2 Ml. de sulfato manganoso, 2 Ml. de álcali-yoduro-nitruro y 2 Ml. de ácido sulfúrico) en 300 Ml. de muestra inicial.

Si tomamos 100 Ml. de muestra original;

$$\frac{300}{300 - 6} = \frac{100}{x}$$

Despejando $X = 98 \text{ Ml.}$

El volumen de muestra para los cálculos debe ser 98 Ml.

Demanda bioquímica de oxígeno.-Es la cantidad de oxígeno que --requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica. Entonces, mientras más materia orgánica existe en el agua, mayor es la necesidad de oxígeno disuelto, que a veces provoca la extinción del oxígeno, provocando la muerte de los peces y las especies vivientes. Un alto valor de la DBO, pueden indicar un incremento en la microflora presente, como por ejemplo las algas, que además producen olores y sabores desagradables. La DBO se emplea como un parámetro en el control de la efectividad de la planta de tratamiento de aguas residuales. Para oxidar la materia orgánica totalmente, se necesita un tiempo infinito, pero para fines prácticas la reacción de oxidación se considera completa a los 20 días, pero un período de 20 días es muy largo para obtener resultados. Se ha visto a través de la experiencia, que un porcentaje grande de la DBO se alcanza en 5 días (aproximadamente 70-80% en aguas residuales). Por lo tanto un tiempo de 5 días es aceptado para la determinación de la DBO.

Determinación de la DBO.-Su determinación está basada en determinar oxígeno disuelto a intervalos de tiempos, se recomienda que la temperatura sea constante (20°C aproximadamente).

REACTIVOS:

-Solución de fosfatos:

8.493 Gr. de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 2.785 Gr. de KH_2PO_4 , disolver en

En agua destilada y aforar a un litro.

-Solución de MgSO_4

20.0 gr. disueltos en agua destilada y aforados a un litro.

-Solución de CaCl_2

25.0 Gr. disueltos en agua destilada y aforados a un litro.

-Solución de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

1.5 Gr. disueltos en agua y aforados a un litro.

-Solución de NH_4Cl

2.0 Gr. disueltos en agua destilada y aforados a un litro.

Agua de dilución:

En un matraz aforado adicionar: 5 Ml. de solución de fosfatos - + 1 Ml. de solución de sulfato de magnesio + 1 Ml. de solución de cloruro de calcio = 1 Ml. de cloruro férrico + 1 Ml. de cloruro de amonio y aforar a un litro con agua destilada.

Añadir un volumen conocido de agua residual en un matraz aforado y completar el volumen de éste con agua de dilución y homogeneizar la muestra. Verificar que el pH esté comprendido entre 6 y 8. En caso contrario preparar una nueva dilución aproximando el pH a 7 por adición de ácido sulfúrico o hidróxido de sodio.

Llenar 2 frascos de DBO con la solución cuidando que no penetre aire y paralelamente llenar 2 frascos con agua de dilución. Se mantienen en la obscuridad y en incubación a 20°C durante 5 - días.

Se realizan determinaciones de oxígeno disuelto, al inicio y -- final de la prueba. La DBO₅ se calcula de la siguiente manera:

$$DBO_5 = \frac{(\text{OXIGENO DISUELTO})_{T=0} - (\text{OXIGENO DISUELTO})_{T=5 \text{ DIAS}}}{\text{ml. DE MUESTRA} / \text{VOL. DE LA BOTELLA DE DBO}} + \text{MG} / \text{LT.}$$

$$\% \text{ RED. DBO}_5 = \frac{DBO_{5 \text{ INFLUENTE}} - DBO_{5 \text{ EFLUENTE}}}{DBO_{5 \text{ INFLUENTE}}}$$

Demanda química de oxígeno.--La DQO se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para degradar la materia orgánica e inorgánica, por medio de un oxidante fuerte, como es el dicromato de potasio. La DQO es mayor siempre que la DBO, debido a -- que la DQO oxida toda la carga orgánica e inorgánica por medio del dicromato de potasio. También la DQO es más rápida en su determinación. El problema de la DQO es, que no da una representatividad de la carga orgánica presente en el agua residual, ya que da una DQO inorgánica, que interfiere para estimar el contenido de carga orgánica en el agua residual.

Determinación de la DQO.- Para esto se requiere un testigo, que generalmente es el agua destilada. A la muestra se le agrega sulfato mercurico ($HgSO_4$) para eliminar cloruros que interfieren y dan resultados erróneos. Después se agrega sulfato de plata ($AgSO_4$) como catalizador, y luego se le agrega el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), se agrega ácido sulfúrico para acidular la muestra y se pone a reflujo durante 1.5 hrs. Al testigo se le agregan los mismos reactivos, y es para dar una diferencia de oxígeno, pues los sulfatos en la muestra consumen oxígeno.



El dicromato queda en exceso y se titula con el sulfato ferroso amoniacal ($Fe (NH_4)_2 SO_4$), usando como indicador ferroína.



Cálculos:

$$DQO = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{\text{ml. de muestra}} = \text{mg/lit}$$

a = ml. de sulfato ferroso amoniacal gastados por el testigo.

b = ml. sulfato ferroso amoniacal gastados por la muestra.

N = normalidad del sulfato ferroso amoniacal.

8000 = miliequivalentes del oxígeno.

Grasas y aceites.- Dentro de las grasas se encuentran clasificadas las ceras y ácidos grasos en las aguas residuales. El termino aceite comprende hidrocarburos de bajo o elevado peso molecular, que abarca desde gasolina, hasta combustibles y aceites lubricantes. También se incluyen glicéridos de origen animal y vegetal, que son líquidos a la temperatura ordinaria. El dato de grasas y aceites es útil para controlar la descarga de grasas en las corrientes receptoras.

Determinación de grasas.- Aquí no se mide cuantitativamente una sustancia específica, sino grupos de sustancias con características físicas similares.

Se usa hexano como disolvente, las muestras se acidulan con ácido clorhídrico hasta un pH de 1.0, para liberar ácidos grasos que se presentan en la muestra principalmente en forma de jabones

de calcio y magnesio, que son insolubles en hexano. La grasa se separa por filtración de la muestra y se extrae en un aparato - Soxlet.

El residuo que queda después de la evaporación del hexano, se pesa para saber el contenido de grasa de la muestra.

Por definición, una grasa es cualquier material recolectado y - cualquier sustancia filtrable que sea soluble en hexano. Por -- ejemplo el azufre elemental se extrae como grasa e interfiere - en el método.

2.5.3.-Características biológicas.-Las aguas residuales contienen incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son pequeños para ser visibles, excepto bajo el microscopio.

Son la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales. Su presencia es importante en el tratamiento de éstas aguas, para degradar la materia orgánica, puede decirse con razón, que ellos son los trabajadores que emplea un operador de plantas de -- tratamiento de aguas residuales, y que el éxito puede medirse por el conocimiento y atención a los gustos y aversiones de sus hábitos nutritivos y ambientales. Estos -- organismos microscópicos vivos pertenecen a dos tipos generales: bacterias y otros organismos vivos más comple--jos.

Bacterias.-Son pequeños organismos vivos, formados por - una célula, que realiza las funciones de asimilación, excreción, respiración, crecimiento y demás actividades. - Muchas bacterias tienen características que ordinariamente se atribuyen al reino animal y otras están relacionadas con el reino vegetal. En ciertos aspectos, se puede considerar que las bacterias constituyen entre los dos - tipos de organismos vivos. Existen muchas clases distintas de bacterias que difieren por su tamaño, forma y funciones.

Las bacterias saprófitas, por lo general, obtienen su alimentos de la materia orgánica muerta, a la que atacan y descomponen o desdoblan en sustancias más simples. Por lo que, al mismo tiempo que obtienen el alimento que necesitan para continuar su crecimiento, llevan a cabo la muy útil función de destruir la materia muerta. Sin la acción de las bacterias saprófitas se haría imposible la vida en este planeta a otros organismos, pues no habría manera de eliminar organismos muertos -- que, de otro modo, llegarían finalmente a cubrir la tierra, -- impidiendo el crecimiento de vegetales y las funciones de los organismos vivos. Las bacterias saprófitas escinden los complejos orgánicos componentes de la materia mediante el proceso conocido de degeneración o descomposición en sustancias más simples. Estas a su vez sirven de alimento a los vegetales que se convierten en materia alimenticia para los animales, continuando el ciclo de la vida sin pérdida de materia.

Las bacterias saprófitas se subdividen en aeróbicas y anaeróbicas, consumen el oxígeno disuelto en el agua y la descomposición será aeróbica. Las anaeróbicas, consumen el oxígeno proveniente de los sólidos orgánicos e inorgánicos, y la descomposición será anaeróbica produciendo olores desagradables a diferencia de la aeróbica que no los produce.

Hay bacterias aeróbicas que se adaptan a vivir en ausencia de oxígeno disuelto, y se conocen como bacterias aeróbicas facultativas. Inversamente algunas bacterias anaeróbicas pueden adaptarse y desarrollarse en presencia de oxígeno disuelto y por esto se conocen como bacterias anaeróbicas facultativas.

Por otra parte, dentro de los organismos vivos más complejos se encuentran los siguientes:

Algas.-Es un grupo grande de vegetales que se distinguen por tener clorofila, que les dá el color verde, las aguas ricas en algas suelen tener oxígeno durante el día, decreciendo la concentración, a medida que oscurece. Esto es debido a que con la luz del sol, los vegetales que tienen clorofila absorben -- bióxido de carbono y desprenden oxígeno.

Como todos los organismos vivos, las bacterias pueden reproducirse, pero lo hacen mediante un proceso conocido como división. La célula adulta se estrecha por su parte media, aumentando el estrechamiento hasta que la célula queda dividida en dos células más chicas, siendo cada una de éstas un nuevo organismo vivo y completo. Las dos células crecen y a su vez se dividen, continuando así el proceso. Se estima que las bacterias se dividen a intervalos de 20 a 30 minutos.

Por lo tanto, el aumento de bacterias en condiciones favorables, sería enorme en un corto período de tiempo.

Las bacterias se clasifican en dos grupos principales: parásitas y saprófitas.

Bacterias parásitas.- Son las que viven a expensas de otro organismo vivo, llamado huésped, porque necesitan recibir el alimento ya preparado para consumirlo. Las bacterias parásitas que tienen importancia en las aguas residuales, provienen de lo general del tracto intestinal de las personas y de los animales cuyas excreciones van a parar a las aguas residuales. Entre las bacterias parásitas se incluyen ciertos tipos específicos que, durante su desarrollo en el cuerpo del huésped, producen compuestos tóxicos o venenosos que causan enfermedades a éste. Estas bacterias se conocen como patógenas, pueden estar presentes en las aguas residuales que reciben excrementos de personas afectadas por enfermedades como la fiebre tifoidea, la disenteria y el muy de moda y peligroso cólera, entre otras infecciones intestinales. La posible presencia de estos microorganismos en las aguas residuales, es una de las razones por las cuales deben colectarse cuidadosamente, tratarse en forma adecuada y disponer de ellas de manera segura, para prevenir cualquier transmisión de estas bacterias patógenas de una o otra persona.

Bacterias saprófitas.-Se llaman así, a las bacterias que tienen una existencia independiente, hallan su propio suministro alimenticio, se adaptan a las condiciones del medio ambiente y llevan a cabo su trabajo sin el estímulo de otros organismos.

Las algas sintetizan los complejos proteínicos, las grasas y los constituyentes de la celulosa de los cuales hacen su estructura celular, con el agua, el bióxido de carbono y la materia mineral suministrada por el medio ambiente. El desarrollo de las algas es estimulado por la presencia de sales que contienen nitrógeno y fosforo, así como en cierto grado por las sales de calcio y magnesio.

Hongos.-Son vegetales pero no contienen clorofila.

En las aguas residuales se observan desarrollo de colonias de color gris adheridas a las paredes y estructuras de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Las masas de hongos frecuentemente obstruyen la tubería y disminuyen el flujo en los canales. Su metabolismo depende la disposición de oxígeno y un abundante abastecimiento de materia orgánica.

Protozoarios.-Son animales y son considerados como formas de vida superior a la de las algas. Suelen ser móviles y hay muchas variedades, y se alimentan de organismos microscópicos, principalmente bacterias.

Rotíferos.-Son pequeñas formas animales que se caracterizan por tener cilios, que le sirven para moverse y crear una corriente en el agua con el fin de dirigir los alimentos a que lleguen a su organismo. Se alimentan de materia orgánica en descomposición.

Gusanos.-Gusanos planos o nemátodos son las variedades que pueden encontrarse en las aguas residuales.

Los gusanos planos se alimentan de algas, y varían de tamaño desde un milímetro hasta varios centímetros. Los nemátodos son resistentes y pueden vivir en amplios rangos de temperatura y humedad. Son abundantes en los lodos de las aguas residuales y se cree que desempeñan un papel importante en la estabilización de los lodos.

CAPITULO III

CARACTERIZACION DEL AGUA RESIDUAL Y OBTENCION DE DATOS EXPERIMENTALES.

3.1.-ESTIMACION DEL GASTO DE AGUAS RESIDUALES A TRATAR.

Para el diseño del sedimentador primario se necesita saber el gasto de aguas residuales a tratar, para dimensionar el equipo.

En la Ciudad de paraíso, el drenaje es combinado, por lo tanto las aguas residuales están formadas por desechos domésticos y por agua pluvial captada por el mismo drenaje.

3.1.1.-Gasto de aguas residuales domésticas.-Para poder determinarlo, hay que considerar la explosión demográfica.

Según los últimos censos de Paraíso, los cuales se dan a continuación, se observa que la tasa de crecimiento anual es del 2.82% en promedio.

AÑO	HABITANTES	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (%)
1950	7,614	-
1960	10,050	3.19
1970	13,625	3.60
1980	16,982	2.46
1990	20,477	2.05
1991	21,054 ⁺	2.82

+ cantidad estimada de acuerdo a la tasa de crecimiento promedio anual.

Para el cálculo se estima la población para los próximos 25 años, de la manera siguiente:

$$P_f = P_o (I + r)^n$$

Donde: P_f = Población al término del período de años que quiera estimarse.

La precipitación pluvial promedio anual en Paraíso es de 1920 MM.

$$P_p = 1920 \text{ MM/AÑO} = 6.088 \times 10^{-8} \text{ M/SEG.}$$

El area de la ciudad de paraíso es de 1'500,000 M² por lo tanto el gasto será.

$$Q_{pp} = \text{AREA} \times P \times 0.60$$

Sustituyendo valores:

$$Q_{pp} = 1'500,000 \text{ M}^2 \times 6.088 \times 10^{-8} \text{ M/SEG.} \times 0.60$$

$$Q_{pp} = 54.780 \text{ LT/SEG.}$$

Este gasto se suma al gasto calculado en el punto anterior, para obtener finalmente el gasto promedio que será utilizado en el siguiente capítulo para dimensionar el sedimentador primario.

$$Q = 60.763 + 54.780$$

$$Q = 115.543 \text{ LTS/SEG.}$$

$$Q = 9'982,915.2 \text{ LT/SEG.}$$

$$Q = 9'982,91 \text{ M}^3 / \text{DIA}$$

3.2.-CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LA CIUDAD DE PARAISO-TABASCO.

Los siguientes parámetros del agua residual a tratar, se determinaron con la valiosa ayuda de los laboratorios de la planta de fluidos de perforación y control de calidad del crudo de exportación de Petróleos Mexicanos, en la Terminal Marítima Dos Bocas, Tab.

En la siguiente tabla se presentan los datos promedios del agua residual.

GRASAS Y ACEITES - - - - -	0.6 MG/LT
TEMPERATURA - - - - -	31.0 °C
pH - - - - -	9.0
MATERIA FLOTANTE - - - - -	PRESENCIA.
SOLIDOS TOTALES - - - - -	1,391.0 MG/LT.
SOLIDOS TOTALES VOLATILES - - - - -	541.0 MG/LT.
SOLIDOS TOTALES FIJOS - - - - -	850.0 MG/LT.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES - - - - -	335.0 MG/LT.
SOLIDOS SEDIMENTABLES - - - - -	35.0 ML/LT.
OXIGENO DISUELTO - - - - -	0.2 MG/LT.

TABLA 3.1.

3.3.-PROCESO DE SEDIMENTACION.

La separación gravitacional por sedimentación es generalmente una técnica efectiva para eliminar los sólidos suspendidos inestables de las aguas residuales. Sin embargo los diversos tipos de suspensiones de sólidos presentan características decantables significativamente distintas.- El desarrollo y aplicación de la sedimentación para la clarificación de aguas residuales, debe por tanto, estar basada en un entendimiento del proceso y las variables que pueden modificar su eficacia.

Las partículas decantan de una suspensión en formas distintas, según la concentración de la suspensión y las características de las partículas. se han descrito de acuerdo a estudios hechos por investigadores, cuatro tipos de sedimentación que reflejan la concentración de la suspensión y las propiedades floculantes de las partículas. "Clarificación clase - I" es la decantación de una suspensión diluida de partículas que tienen poca o nula tendencia a flocular.

La decantación de una suspensión diluida de partículas -- floculantes se denomina "Clarificación clase-2".

cuando las partículas están suficientemente cerca una de otras, las fuerzas entre partículas son capaces de mantenerlas en posiciones relativamente fijas con respecto a cada una. Como resultado, las partículas sedimentan como una masa y no como partículas discretas. A este proceso se le reconoce como "Decantación en bloque".

Cuando las partículas entran en contacto unas con otras la estructura resultante de la masa compacta ejerce una compresión sobre las capas inferiores; esta acción se le llama compresión. A continuación se explica brevemente la teoría de la clarificación clase-1 y 2.

CLARIFICACION CLASE-1

La decantación de una partícula discreta no floculante de una suspensión diluida puede describirse por las ecuacio--

ciones de la mecánica clásica. La sedimentación de esta partícula no está influenciada por la presencia de otras partículas y es una función solamente de las propiedades del fluido y las características de la partícula. La figura 3.1 indica la sedimentación por gravedad de una partícula. La fuerza debida a la gravedad es F_W , la fuerza de empuje debida al fluido es F_B , y la fuerza friccional ó de arrastre es F_D . La aceleración hacia abajo de la partícula, o la variación de su velocidad con respecto al tiempo puede obtenerse a partir de la segunda Ley de Newton.

$$m \frac{dv_s}{dt} = F_W - F_B - F_D \quad (3.1)$$

En donde v_s es la velocidad de sedimentación lineal de la partícula, m es la masa de la partícula, y t es el tiempo.

La fuerza debida a la gravedad, que actúa sobre la partícula -- viene expresada por:

$$F_W = \rho_s V_p g \quad (3.2)$$

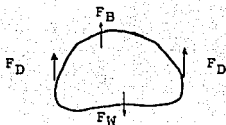


FIG. 3.1.-Diagrama de cuerpo libre para la clarificación clase-1
 En la ecuación anterior, p_s es la densidad de la partícula, V_p es el volumen de la partícula, y g la aceleración de la gravedad. La fuerza de empuje viene dada por:

$$F_B = p_1 V_p g \quad (3.3)$$

En esta ecuación p_1 es la densidad del fluido. La fuerza friccional ó de arrastre es una función de la aspereza, tamaño, forma y velocidad de la partícula, y de la densidad y viscosidad del - fluido. Por análisis dimensional y verificación experimental, de la fuerza de arrastre puede describirse por la ecuación.

$$F_D = \frac{C_D A_p p_1 v_s^2}{2} \quad (3.4)$$

En esta ecuación C_D es el coeficiente de arrastre adimensional de Newton, y A_p es el área de la partícula proyectada en la dirección del flujo. La forma de esta ecuación no depende del número de Reynolds, aunque el coeficiente de arrastre C_D , varía con este número. Sustituyendo las ecuaciones 3.2, 3.3 y 3.4 en la ecuación 3.1, se obtiene una ecuación para el comportamiento dinámico de la partícula.

$$m \frac{dv_s}{dt} = g (p_s - p_1) V_p - \frac{C_D A_p p_1 V_s^2}{2} \quad (3.5)$$

Después de un período transitorio inicial, la aceleración dv_s/dt , llega a ser cero y la velocidad permanece constante. esta velocidad terminal se obtiene igualando el segundo miembro de la ecuación 3.5 a cero, con lo cual se obtiene lo siguiente:

$$v_t = \sqrt{\frac{2g (p_s - p_1)}{C_D p_1} \frac{(V_p)}{A_p}} \quad (3.6)$$

En esta ecuación v_t es la velocidad de sedimentación terminal.- Si consideramos las partículas de forma esféricas de diámetro d_p , la proporción $A_p/V_p = 1/4 (3.1416) d^2 / 1/6 (3.1416) d^3 = 3/2 d_p$ y sustituyendo este valor en la ecuación 3.6 se transforma en:

$$v_t = \sqrt{\frac{(4g)(P_s - P_l)d_p}{3C_D \rho}} \quad (3.7)$$

El coeficiente de arrastre de Newton, C_D , es una función del número de Reynolds ($Re = d_p \rho v_t / \mu$) y de la forma de la partícula. El coeficiente C_D varía con Re según se muestra en la figura 3.2

En un régimen de flujo para el cual el $Re < 1$, donde prevalece el flujo laminar, la relación entre C_D y Re puede aproximarse por:

$$C_D = \frac{24}{Re} \quad (3.8)$$

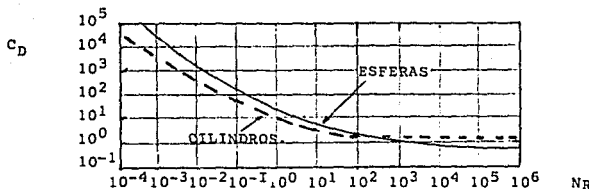


FIGURA 3.2 Variación experimental del coeficiente de arrastre con el número de Reynolds.

Si sustituimos la ecuación 3.8 en la 3.7 y se realizan las Simplificaciones correspondientes, obtenemos la expresión para calcular la velocidad terminal (final):

$$v_t = \frac{g}{18 \mu} (P_s - P_l) d_p^2 \quad (3.9)$$

La ecuación anterior es la conocida ley de Stokes.

A partir de la figura 3.2, se observa que a partir de un flujo turbulento comprendido entre 1000 y 25000, C_D , es aproximadamente constante. En esta zona la velocidad terminal está dada por la-

siguiente ecuación:

$$v_t = 1.82 \sqrt{\frac{(P_s - P_l)}{P_l} d_p g} \quad (3.10)$$

Esta ecuación se conoce como la Ley de Newton.

Se ha visto que la velocidad terminal de una partícula que decanta a lo largo de una distancia igual a la profundidad efectiva del tanque y en un tiempo igual al período de permanencia, se puede comparar a una carga hidráulica superficial,

$$\begin{aligned} v_t &= \frac{\text{Profundidad del tanque}}{\text{Tiempo de permanencia}} = \frac{\text{Profundidad}}{\text{Volumen del tanque/caudal}} \\ &= \frac{\text{Profundidad}}{(\text{Area} \times \text{Profundidad})/\text{Caudal}} = \frac{Q}{A} \end{aligned} \quad (3.11)$$

En donde Q es el gasto a través del tanque y A, es el área superficial del tanque.

Si se extrae el agua clara, con una velocidad superficial Q/A, la partícula que decanta, deberá hacerlo con una velocidad justamente opuesta a la velocidad del líquido que asciende. En estas condiciones, la partícula debería permanecer estacionaria y nunca alcanzaría el fondo del tanque. Es obvio que si la eliminación implica que primeramente la partícula alcance el fondo, entonces, la eliminación de las partículas no sería posible. Así, esta carga hidráulica superficial debe considerarse como un valor mínimo crítico para la clarificación.

Para terminar, y concluyendo, una vez obtenida la velocidad de sedimentación por medio de la ley de Stokes ó Newton, el efluente clarificado puede descargarse con una velocidad superficial menor o igual a la velocidad de sedimentación de las partículas críticas. La velocidad terminal de las partículas críticas puede convertirse en una carga hidráulica superficial, según la ecuación 3.11. Fijadas la carga superficial y la cantidad de agua residual, podemos calcular las dimensiones del tanque.

CLARIFICACION CLASE II

Los sólidos en suspensión de las aguas domésticas, industriales y residuales, no pueden generalmente describirse como partículas discretas de peso específico conocido. En general, estas sólidos están compuestos de un amplio espectro de partículas de diferentes tamaños y características superficiales. En una masa de agua y/o agua residual en reposo, las partículas mayores decantan con velocidad más rápidas, adelantando a las partículas más finas durante su descenso. El viento, perturbaciones hidráulicas, corrientes inducidas por densidad, temperatura, etc. producen efectos de turbulencia dentro del fluido y por tanto aumenta el contacto de partícula. Si cualquiera de las partículas que interaccionan tienen características aglomerantes, el crecimiento de las partículas individuales a mayores tamaños es una consecuencia natural. Cuando mayor sea la profundidad del tanque, mayor es la oportunidad de contacto entre partículas, por lo tanto para la clarificación, la eliminación de partículas -- influye el área del tanque, así como las propiedades de las partículas individuales aumenta las velocidades de eliminación precisamente cuando se elimina rápidamente el lodo depositado en el fondo del tanque. Esto se debe a que las partículas mayores reducen la proporción área superficial - masa, y por tanto se reducen las fuerzas de fricción que se oponen a la sedimentación. En la sedimentación simple de las aguas residuales se obtiene corrientemente una reducción del 50 al 60% de la materia en suspensión para tiempos de permanencia nominales y una reducción de la carga orgánica del 30 al 35%.

Cuando las características del agua residual se desconocen o se conocen en términos generales, es preciso llevar a cabo varios experimentos con el fin de definir las características del agua residual. La evaluación de las características decantables de una suspensión, puede llevarse a cabo colocando una cantidad de agua residual en una columna de sedimentación, como la que se muestra en la siguiente figura (3.3).

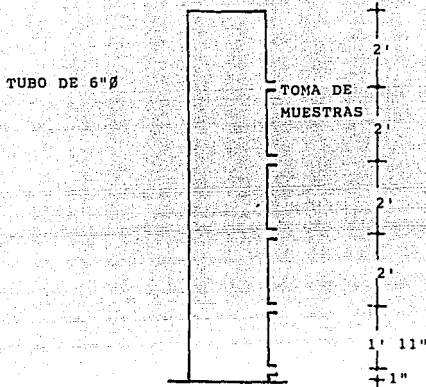


FIGURA 3.3

Se deja decantar la suspensión bajo condiciones de reposo. Se determina la concentración de las partículas en las muestras tomadas a diferentes alturas y distintos intervalos de tiempos. La concentración de sólidos medida en cada una de las muestras a un tiempo dado son expresadas como un porcentaje de la concentración inicial, La diferencia entre éste valor y 100% es una medida de la fracción de partículas que sedimentaron en cada punto de muestreo. Estas diferencias son graficadas contra su respectiva altura y tiempo, como se muestra en la figura 3.4.

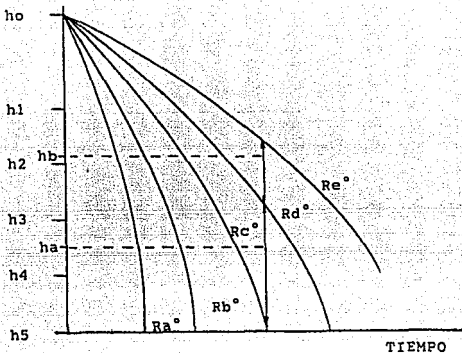


FIGURA 3.4

Las curvas son aproximadamente, relacionando puntos de igual concentración. Las curvas que se presentan en la figura anterior representan el límite ó máxima trayectoria de sedimentación para el porcentaje indicado. En otras palabras, el porcentaje especificado de los sólidos suspendidos tiene una trayectoria de sedimentación igual o más grande que la mostrada y podría por lo tanto ser removido en un tanque de sedimentación ideal a la misma altura y tiempo de retención.

La proporción profundidad.-tiempo es igual a la velocidad promedio de sedimentación mínima. El rendimiento de un tanque ideal de sedimentación puede calcularse a partir de la información suministrada por la figura 3.4. Por ejemplo, supongamos un tanque con una carga superficial V_0 , en donde $V_0 = h_5/t_2$. Todas las partículas que tengan una velocidad de sedimentación igual o mayor que V_0 , serán eliminadas del tanque, y las partículas de menor velocidad serán eliminadas en la proporción V/V_0 . A partir de la figura 3.4 vemos que el R_d° de las partículas han tenido velocidades de sedimentación iguales o superiores a V_0 , y por lo tanto serán eliminadas completamente. Los sólidos

comprendidos entre R_d^0 y R_c^0 , han decantado con una velocidad -- promedio de h_a/t_2 y los sólidos entre R_e^0 y R_d^0 , han decantado con una velocidad promedio de h_b/t_2 . La eliminación global puede aproximarse por la siguiente expresión:

$$R = R_c^0 + \frac{h_a}{t_2 v_0} (R_d^0 - R_c^0) + \frac{h_b}{t_2 v_0} (R_e^0 - R_d^0) \quad (3..2)$$

Esta aproximación puede mejorarse añadiendo más términos y disminuyendo al intervalo entre las líneas de igual concentración. Las eliminaciones en los tanques con distintas cargas superficiales y profundidades puede calcularse de forma similar, y el dimensionamiento del tanque de sedimentación puede llevarse a efecto.

3.4.-RESULTADOS EXPERIMENTALES.

A continuación se anexan las tablas 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.5, y 3.4.6, en las cuales están plasmados los resultados obtenidos con la columna de sedimentación diseñada y construída conforme a los datos de la figura 3.3 de la sección anterior, manejando agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales por filtros rociadores de la ciudad de Paraíso, tabasco.

También se anexan fotografías que se sacaron durante la ejecución de los experimentos.

PORCENTAJE DE SOLIDOS SEDIMENTADOS										
ALTURA [FT] / TIEMPO [MIN]	15	30	45	60	90	120				
2	85	86	88	90	92	95				
4	82	83	85	86	87	93				
6	80	82	83	84	86	88				
8	79	80	82	83	85	86				
10	78	79	81	82	84	85				
TEMPERATURA [°C] = 32 PH = 10 OBSERVACIONES : ENSAYO 1										

TABLA 3.4.1

PORCENTAJE DE SOLIDOS SEDIMENTADOS									
ALTURA [FT] / TIEMPO [MIN]	15	30	45	60	90	120			
2	80	83	86	88	89	90			
4	76	82	84	86	85	86			
6	65	80	82	83	84	85			
8	50	76	80	81	82	83			
10	40	50	60	70	72	74			
TEMPERATURA [°C] = 29 PH = 9 OBSERVACIONES : ENSAYO 2									

TABLA 3-4-2

PORCENTAJE DE SOLIDOS SEDIMENTADOS												
ALTURA [FT] / TIEMPO [MIN]	15	30	45	60	90	120						
2	77	82	84	89	93	95						
4	72	75	80	82	86	90						
6	69	72	78	80	81	84						
8	55	64	70	72	75	79						
10	47	48	65	64	70	73						
TEMPERATURA [°C] = 27										PH = 8	OBSERVACIONES : ENSAYO 3	

TABLA 3.4.3

PORCENTAJE DE SOLIDOS SEDIMENTADOS										
ALTURA [FT] / TIEMPO [MIN]	15	30	45	60	90	120				
2	45	50	60	74	75	80				
4	40	43	58	70	72	78				
6	38	40	55	68	70	73				
8	32	35	54	65	66	69				
10	28	30	50	62	65	66				
TEMPERATURA [°C] = 34 PH = 8 OBSERVACIONES : ENSAYO 4										

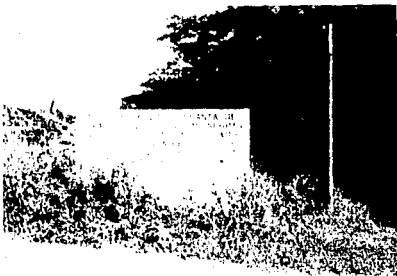
TABLA 3.4.4

PORCENTAJE DE SOLIDOS SEDIMENTADOS										
ALTURA [FT] / TIEMPO [MIN]	15	30	45	60	90	120				
2	48	55	60	66	69	76				
4	37	45	53	52	66	73				
6	24	40	47	56	64	72				
8	19	25	38	49	58	70				
10	15	21	34	42	52	68				
TEMPERATURA [°C] = 32 PH = 11 OBSERVACIONES : ENSAYO 5										

TABLA 3.4.5

PORCENTAJE DE SOLIDOS SEDIMENTADOS										
ALTURA [FT] / TIEMPO [MIN]	15	30	45	60	90	120				
2	56	71	76	81	84	87				
4	61	65	72	78	79	84				
6	55	63	69	74	77	80				
8	47	56	65	70	73	77				
10	42	47	58	64	67	73				
TEMPERATURA [°C] = 31 PH = 9 OBSERVACIONES : ENSAYO PROMEDIO.										

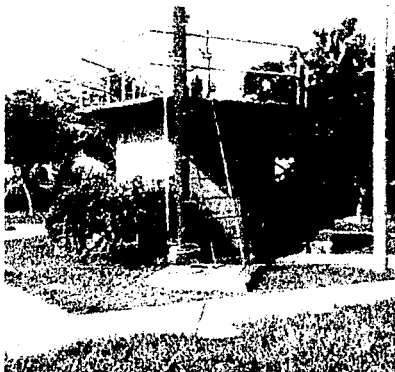
TABLA 3.4.6



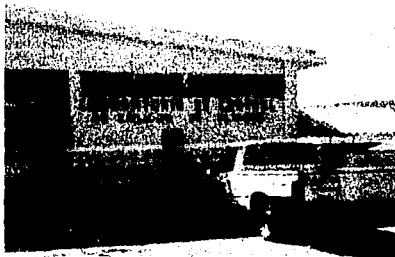
UBICACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PARAISO, TABASCO.



ACCESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE -- AGUAS RESIDUALES.



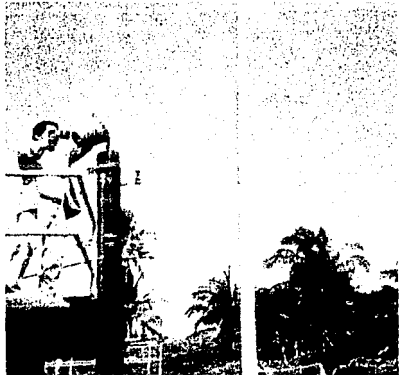
COLEMAN DE SEDIMENTACION, EMPLEADA PARA OBTENER LOS EXPERIMENTALES.



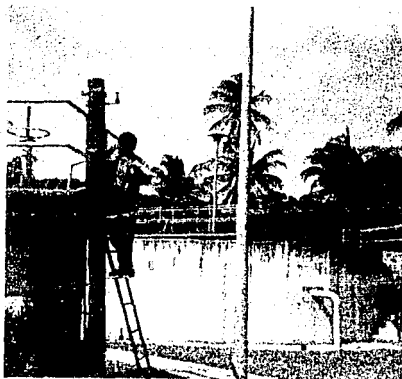
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE FLUIDOS DE PEMEX DONDE SE DETERMINARON ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL AGUA.



TOMA DE MUESTRA DE AGUA EN EL CARCANO ---
COLECTOR DE AGUA RESIDUAL, EN LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE PARAISO, TABASCO.



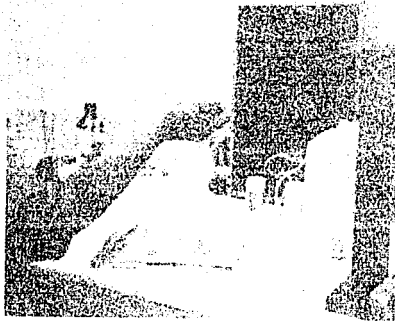
LLENADO DE LA COLUMNA DE SEDIMENTACION.



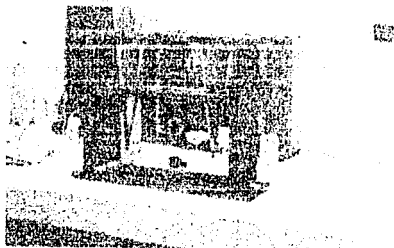
TOMA DE MUESTRAS EN LA COLUMNA DE SEDIMENTACION.



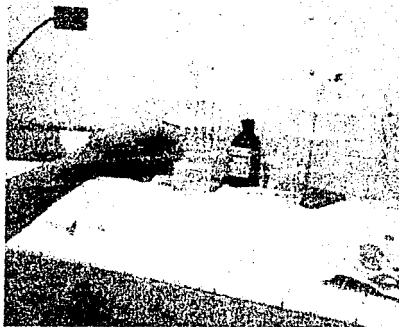
TOMA DE MUESTRAS EN LA COLUMNA DE SEDIMENTACION.



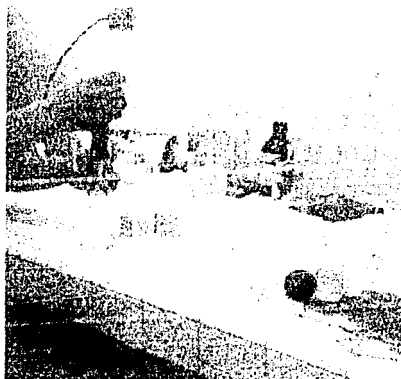
DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO.



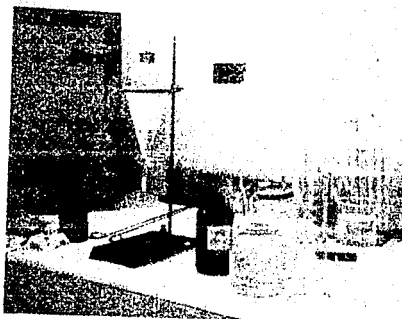
CONO IMHOFF PARA DETERMINAR SOLIDOS SEDIMENTABLES.



DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO PARA DRO_5 .



VALORACION DEL OXIGENO DISUELTO.



DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES.



EQUIPO PARA DETERMINAR SOLIDOS.

CAPITULO IV

DISEÑO DEL TANQUE DE SEDIMENTACION.

Las funciones desarrolladas por los tanques de sedimentacion en el tratamiento del agua residual constituyen frecuentemente una parte fundamental en el proceso global del tratamiento. Un diseño pobre de lugar a la propagación del problema a la unidad sucesiva dentro de la planta, y disminuye la eficiencia del proceso.

4.1.-FUNCIONES DEL DISEÑO.

La función primaria del proceso de sedimentación consiste en la eliminación de la materia en suspensión decantable - produciendo un líquido claro que sobrenada. Sin embargo, - el tanque de sedimentación debe también recoger y descartar un volumen de lodos; las características de recolección y eliminación de lodos son por tanto importantes para el propio funcionamiento del tanque.

Un tanque podría proporcionar suficiente capacidad para la clarificación, pero no efectuar una eliminación de lodos - adecuada, en cuyo caso su eficiencia está empeorada.

Una tercera función de un tanque de sedimentación consiste en recoger el lodo con el menor volumen posible de agua, - para facilitar el posterior manejo del lodo y tratamiento; en este caso actuando como espesador de lodos. Esta función se alcanza parcialmente en el sedimentador precisando un espesamiento adicional por centrifugación, flotación o acondicionamiento químico.

En esencia, un sedimentador debe desarrollar al menos dos o quizás tres funciones: (1) el tanque de sedimentación debe eliminar fácilmente los sólidos en suspensión de la alimentación; (2) la capacidad para la eliminación de lodos - debe ser adecuada; (3) el espesamiento de lodos puede ser - importante.

El cese de cualquiera de estas funciones empeorará al rendimiento del sedimentador y, en algún caso serio, destruirá la eficiencia del proceso casi por completo.

Un sedimentador tiene un número de aspectos subordinados que, aunque no tan vitales como los factores que acabamos de enumerar, son también importantes. Por ejemplo, una fracción de la materia en suspensión de las aguas residuales está compuesta de sólidos de baja densidad que flotan más que sedimentarse. Estos sólidos pueden dar lugar a la formación de espumas, mientras que la materia sedimentable forma el lodo. En este caso, el tanque de sedimentación debe estar provisto de accesorios importantes tales como un "Skimmer" (recogedor de espuma y aceites) y una artesa para el efluente provista de placas deflectoras. Los sólidos biológicos y algunos residuos orgánicos putrescibles pueden sufrir una descomposición bacteriana parcial al recoger el lodo en el tanque de sedimentación, liberando burbujas gaseosas que hacen flotar los sólidos en la superficie. Esta circunstancia reduce rápidamente la eficiencia de la eliminación de la materia en suspensión y generalmente impone el uso de un rastriero de lodos del tipo de vacío más bien que el tipo corriente de transportador de paletas o de arrastre de lodos. Excepto para aguas residuales de características conocidas o para suspensiones compuestas de partículas que decantan de forma discreta, cuya distribución de tamaños se conoce, se recomienda que el diseño del tanque se base sobre los resultados de los experimentos decantación - velocidad.

4.2.-CONFIGURACION DEL SEDIMENTADOR.

Los tanques de sedimentación pueden variar desde una simple excavación en el terreno natural, hasta una estructura elaborada de concreto armado. Pueden ser rectangulares estrechos y largos, cuadrados y circulares. Aunque la geometría del tanque es importante, su eficiencia está relacionada con sus partes componentes. Si éstas están bien diseñadas, el tanque tendrá un buen rendimiento. El buen diseño se basa en un conocimiento de la hidráulica práctica. Los estudios de modelos indican que el dispositivo de entrada es el accesorio más crítico. La placa deflectora a la salida y la artesa son los accesorios críticos que siguen en importancia a los anteriormente citados e influyen en la efectividad de clarificación del tanque.

Existe una variedad de tamaños de tanques. La profundidad pueden oscilar entre 2.13 y 4.56 M. Los tanques rectangulares se construyen corrientemente de 30.4 M. de longitud pero pueden encontrarse hasta de 91.2 M. Lo ancho del tanque es a menudo controlado por equipo disponible para recolección y eliminación de lodos. Las proporciones longitud-ancho empleadas regularmente oscilan entre 3:1 y 5:1. Las pendientes del fondo oscilan entre el 1% para tanques rectangulares y 8% para tanques circulares. El tiempo de residencia de los tanques de sedimentación varía desde menos de una hora hasta más de un día. Los tanques que se limpian mecánicamente se diseñan para un tiempo de residencia de 1.5 a 3.0 horas.

4.3.-FACTORES DE SEGURIDAD.

Por medio de determinaciones experimentales podemos definir suficientemente las características de una partícula sedimentable, de tal forma, que nos permita determinar el volumen del tanque que necesitamos para tratar la suspensión. Ciertamente se presentan problemas al trasladar el comportamiento de una suspensión en un tubo de sedimentación al comportamiento en un tanque de sedimentación real.

Muchos factores importantes que modifican el comportamiento de la partícula en un caso real, se desprecian en una prueba de laboratorio. Los tanques de cualquier tamaño están sujetos a remolinos, corrientes inducidas por densidad, gradientes de temperatura, - acción del viento, distribución imperfecta de los vectores y velocidad, resuspensión del lodo a través del movimiento de los rastros de lodos, Etc. Estos factores empeoran la velocidad de sedimentación y ocasionan una pérdida de eficiencia en el funcionamiento del tanque. Esto no lo refleja ningún factor de las ecuaciones de Newton ó Stokes, ni las medidas obtenidas en los experimentos de laboratorio para sistemas en reposo.

Los diseñadores pueden enfocar el problema en dos formas distintas. Primero reconocer que una pérdida de efectividad es inherente a los ensayos de laboratorio y por tanto acepta la situación. Esta aceptación implica un conocimiento de la magnitud de error posible implicado. Generalmente podrá incrementar la carga superficial sin mucho cambio en el rendimiento. La segunda alternativa, si queremos mantener el rendimiento, consiste en reducir las cargas superficiales observadas experimentales por un factor de seguridad. La selección de un factor de seguridad requiere experiencia y análisis. Sin embargo éstos oscilan entre 1.5 para el primer caso y hasta 3 en el último caso. Por lo anterior, aunque se use un factor de seguridad, siempre debemos esperar desviaciones en el rendimiento previsto.

4.4.-MANEJO DE LOS DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE.

4.4.1.-TRAZADO DE LAS CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION.

Con relación a los datos obtenidos experimentalmente, los cuales son mostrados en el punto 3.4 del capítulo 3, y en base a los fundamentos teóricos comentados en el punto 3.3 del capítulo mencionado, se procede a graficar, cada uno de los ensayos realizados para obtener las curvas de igual concentración, las cuales son mostradas en las figuras: 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, y 4.6.

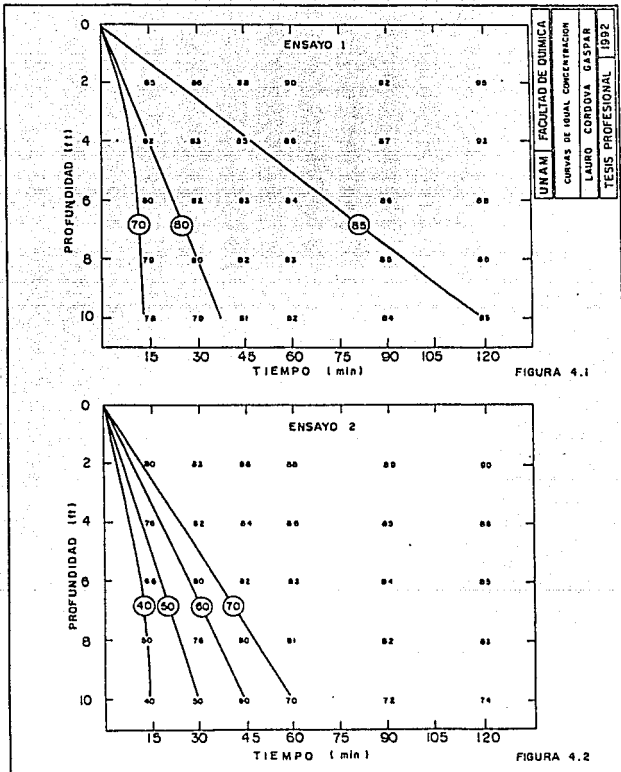


FIGURA 4.1

FIGURA 4.2

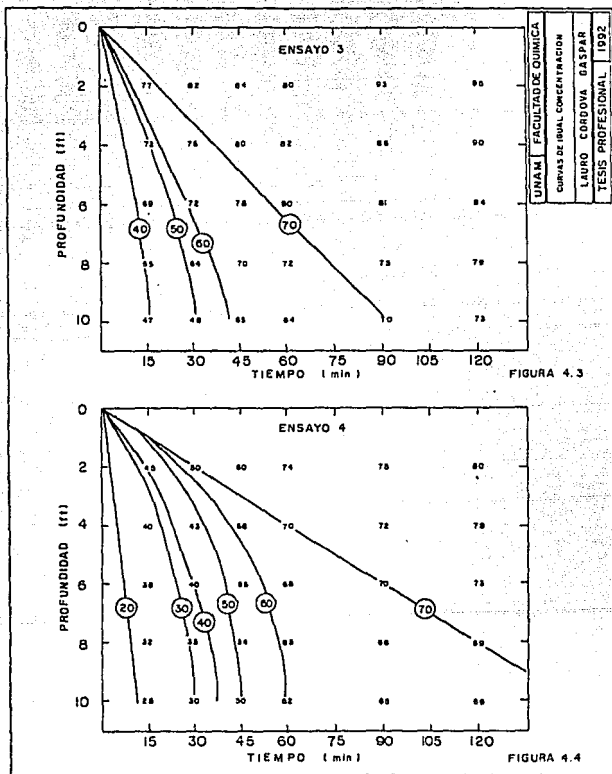


FIGURA 4.3

FIGURA 4.4

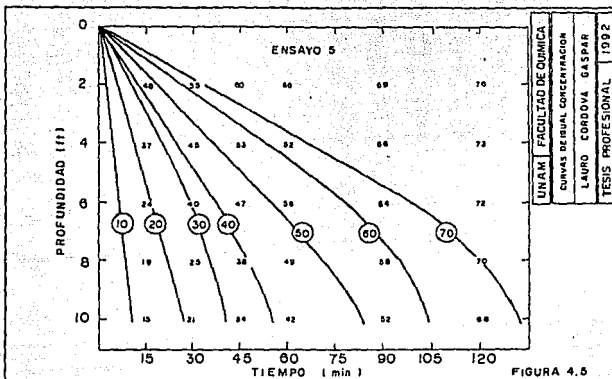


FIGURA 4.5

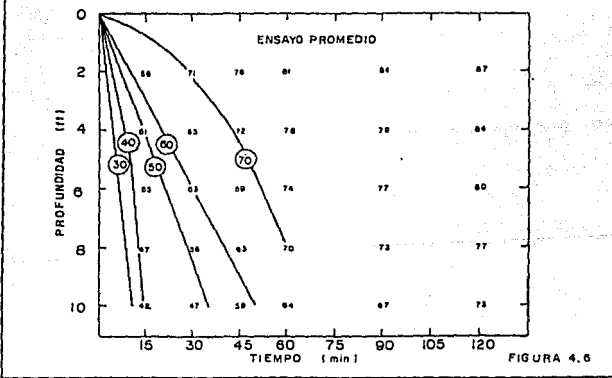


FIGURA 4.6

4.4.2.-CALCULO DE SOLIDOS SUSPENDIDOS REMOVIDOS, VELOCIDAD DE--
SEDIMENTACION Y CARGA SUPERFICIAL A DIFERENTES TIEMPOS -
DE SEDIMENTACION.

En las tablas 4.1,4.2, 4.3,4.4,4.5 y 4.6, se muestran --
los calculos realizados para cada ensayo, apoyandose en--
las curvas de igual concentración, trazadas previamente--
(punto 4.4.1).

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL							
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	Vs (m/hr)	V _o	V _s / V _o	% SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL (lt/m ² X dia)
13	0-70	3.00	13.84	13.84	1.00	70.0	332.160
	70-80	2.13	9.83		0.71	7.1	
	80-85	0.91	4.20		0.30	3.0	
					TOTAL:	80.1	
37	0-80	3.00	4.86	4.86	1.00	80.0	116.640
	80-85	1.98	3.21		0.66	6.6	
120	0-85	3.00	1.50	1.50	1.00	85.0	35.000

TABLA: 4.1

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL									
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	Vs (m/hr)	Vo	Vs / Vo	% SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL (l/m ² X día)		
15	0-40	3.00	12.00	12.00	1.00	40.0	228,000		
	40-50	2.28	9.14		0.76	7.6			
	40-50	1.24	4.99		0.41	4.1			
	60-70	0.88	3.53		0.29	2.9			
					TOTAL:	54.6			
30	0-50	3.00	6.00	6.0	1.00	50.0	144,000		
	50-60	2.52	5.05		0.84	8.4			
	60-70	1.78	3.56		0.59	5.9			
					TOTAL:	64.3			
45	0-60	3.00	4.00	4.0	1.00	60.0	96,000		
	60-70	2.66	3.54		0.88	8.8			
					TOTAL:	68.8			

TABLA: 4-2

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION		PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL					
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	Vs (m/hr)	Vo	Vs / Vo	% SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL ($l/m^2 \times dia$)
13	0-40	3.00	13.84	13.84	1.00	40.00	332,000
	40-50	2.20	10.15		0.73	7.30	
	50-60	0.71	3.27		0.23	2.30	
	60-70	0.50	2.30		0.16	1.60	
					TOTAL:	51.20	
13.5	0-50	3.00	5.71	5.71	1.00	50.00	137,142
	50-60	2.54	4.84		0.84	8.40	
	60-70	1.55	2.96		0.51	5.10	
					TOTAL:	63.50	
90	0-70	3.0	2.0	2.0	1.0	70.0	48,000

TABLA: 4.3

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL							
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	V _s (m/hr)	V _o	V _s / V _o	% SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL (LI/m ² X dia)
11	0-20	3.00	16.39	16.39	1.00	20.0	393,442.
	20-30	1.82	9.99		0.60	6.0	
	30-40	0.45	2.49		0.15	1.5	
	40-50	0.33	1.83		0.11	1.1	
					TOTAL:	28.6	
30	0-30	3.00	6.00	6.00	1.00	30.0	144,000
	30-40	2.43	4.87		0.81	8.1	
	40-50	1.44	2.89		0.48	4.8	
	50-60	0.76	1.52		0.25	2.5	
	60-70	0.68	1.37		0.22	2.2	
					TOTAL:	47.6	
37	0-40	3.00	4.87		1.00	40.0	166,880
	40-50	2.28	3.71		0.76	7.6	
	50-60	1.24	2.02		0.41	4.1	
	60-70	0.83	1.36		0.27	2.7	
					TOTAL:	54.4	

TABLA: 4.-1 (CONTINUA EN LA SIGUIENTE HOJA)

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION PORCENTAJE DE SOLIDOS RENOVADOS Y CARGA SUPERFICIAL							
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	Vs (m/hr)	V _o	Vs / V _o	% SS RENOVADOS	CARGA SUPERFICIAL (ll/m ² x día)
10	0-10	3.00	18.07	18.07	1.00	10.0	433.734
	10-20	2.10	12.66		0.70	7.0	
	20-30	0.86	5.32		0.29	2.9	
	30-40	0.56	3.39		0.18	1.8	
	40-50	0.39	2.38		0.13	1.3	
	50-60	0.24	1.46		0.08	0.8	
	66-70	0.21	1.28		0.07	0.7	
					TOTAL:	24.5	
18	0-20	3.00	10.00	10.00	1.00	20.00	240.000
	20-30	2.31	7.72		0.77	7.7	
	30-40	1.47	4.92		0.49	4.9	
	40-50	0.92	3.09		0.30	3.0	
	50-60	0.67	2.23		0.22	2.0	
	60-70	0.51	1.72		0.17	1.7	
					TOTAL:	39.5	
40	0-30	3.00	4.50	4.5	1.00	30.0	108.000

TABLA: 4.5 (CONTINUA EN LA SIGUIENTE HOJA)

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL							
TIEMPO (MIN)	RANGO DE %SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	V _s (m/hr)	V _o	V _s / V _o	%SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL ($11/m^2 \times dia$)
	30-40	2.51	3.77		0.83	8.3	
	40-50	1.61	2.42		0.53	5.3	
	50-60	1.06	1.60		0.35	3.5	
	60-70	0.77	1.16		0.25	2.5	
					TOTAL:	49.6	
56	0-40	3.00	3.21	3.21	1.00	40.0	77,142
	40-50	2.45	2.62		0.81	8.1	
	50-60	1.52	1.63		0.50	5.0	
	60-70	1.11	1.19		0.37	3.7	
					TOTAL:	56.8	
84	0-50	3.00	2.14	2.14	1.00	50.0	51,428
	50-60	2.52	4.80		0.84	8.4	
	60-70	1.73	1.24		0.57	5.7	
					TOTAL:	64.1	
	0-60	3.00	1.71	1.71	1.00	60.0	41,040

TABLA: 4.5 (CONTINUA EN LA SIGUIENTE ROJA)

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION		PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL					
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	V_s (m/hr)	V_0	V_s / V_0	% SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL ($H/m^2 \times dia$)
	60-70	2.51	1.43		0.84	8.4	
					TOTAL:	68.4	
135	0-70	8.00	1.33	1.33	1.00	70.0	32.000

TABLA 4.5

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL							
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	Vs (m/hr)	Vo	Vs / Vo	% SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL ($11/m^2 \times dia$)
10	0-30	3.00	18.00	18.00	1.00	30.0	432.000
	30-40	2.28	13.77		0.76	7.6	
	40-50	1.20	7.25		0.40	4.0	
	50-60	0.74	4.49		0.24	2.4	
	60-70	0.36	2.20		0.12	1.2	
					TOTAL:	45.2	
13	0-40	3.00	13.88	13.88	1.00	40.0	333.333
	40-50	2.11	9.80		0.70	7.0	
	50-60	0.71	3.31		0.23	2.3	
	60-70	0.51	2.39		0.17	1.7	
					TOTAL:	51.0	
34	0-50	3.00	5.29	5.29	1.00	50.0	126.960
	50-60	2.59	4.57		0.86	8.6	
	60-70	1.50	2.66		0.50	5.0	
					TOTAL:	63.6	

TABLA: 4.6 (CONTINUA EN LA SIGUIENTE HOJA)

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION PORCENTAJE DE SOLIDOS REMOVIDOS Y CARGA SUPERFICIAL							
TIEMPO (MIN)	RANGO DE % SS	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	Vs (m/hr)	Vo	Vs / Vo	% SS REMOVIDOS	CARGA SUPERFICIAL ($l/m^2 \times dia$)
50	0-60	3.00	3.60	3.60	1.00	60.00	86.400
	60-70	2.39	2.86		0.79	7.90	
					TOTAL:	67.90	
60	0-70	2.43	2.43	2.43	1.00	70.00	58.320

TABLA: 4.6

4.4.3.-CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA, AREA REQUERIDA Y ALTURA PARA EL SEDIMENTADOR.

Con los datos de carga superficial y porcentaje total de sólidos removidos, calculados para cada ensayo, se procede a graficar el porcentaje de sólidos removidos contra tiempo de sedimentación. esta gráfica nos permite calcular el tiempo de residencia necesario del agua residual en el sedimentador, para un porcentaje de sólidos suspendidos que se desee remover, que para el diseño que se -- está realizando es del 65%.

Tambien se grafica el porcentaje total de sólidos suspendidos contra la carga superficial. Esta gráfica nos -- permite saber la carga superficial necesaria para remover el 65% de sólidos suspendidos. Lo anterior está plasmado en las gráficas 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12. Para fines del diseño que se está realizando, el cálculo del sedimentador se hará con los datos del ensayo promedio.

De la gráfica 4.12 podemos apreciar que el tiempo de residencia necesario para remover el 65% de sólidos es de 37 minutos, y aplicando el factor de ajuste de 1.75, por factores que disminuyen la eficiencia del sedimentador -- como son: la temperatura, viento, resuspensión del lodo por movimientos de los rastrillos colectores de lodo, -- Etc. tenemos que:

$$t_r = 37 \text{ minutos} \times 1.75 = 64.75 \text{ minutos}$$

$$t_r = 1.07 \text{ Horas.}$$

También de la misma gráfica, podemos sacar la carga superficial requerida que es de 127,500 Lt/M²Día., y aplicando un factor de ajuste de 1.75 para disminuir la carga superficial, lo cual aumenta la eficiencia del sedimentador, tenemos:

$$\frac{127,500 \text{ Lt./M}^2 \times \text{día}}{1.75} = 72,857.14 \text{ Lt./M}^2 \times \text{día.}$$

Con este dato, y el gasto a manejar se calcula el área requerida, de la siguiente manera:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Donde Q es el gasto en Lt./Día y Cs es la carga superficial en Lt./M²x día. Sustituyendo valores:

$$A = \frac{9,982,915.2 \text{ Lt./Día}}{72,857.14 \text{ Lt./M}^2 \times \text{Día}} = 137.02 \text{ M}^2$$

El dato anterior es el área requerida para el sedimentador.

Como se desea calcular un sedimentador circular, el diámetro se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$A = \frac{3.1416 D^2}{4}$$

Donde A es el área necesaria para el sedimentador y D es el diámetro. Despejando éste último y sustituyendo valores:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 137.02 \text{ M}^2}{3.1416}}$$

$$D = 13.2 \text{ M.}$$

Este dato se ajusta a 15 M. por ser un diámetro para el cual existen equipos de remoción de lodos comerciales. La altura necesaria del sedimentador se calcula con la fórmula;

$$h = \frac{Q \times t_r}{A}$$

Donde Q, es el gasto a tratar en M³/día, t_r, es el tiempo de residencia calculado y A, es el área calculada para el sedimentador. sustituyendo valores se obtiene el siguiente resultado:

$$h = \frac{9,982.91 \text{ M}^3/\text{día} \times 1.07 \text{ Hr.} \times 1 \text{ día}/24 \text{ Hr.}}{137.02 \text{ M}^2}$$

$$h = 3.24 \text{ M.}$$

En las figuras 4.13 y 4.14, se muestra un esquema general del sedimentador primario, así como una vista en planta y un corte para detalles.

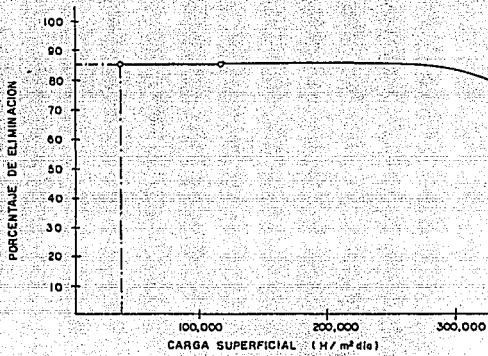
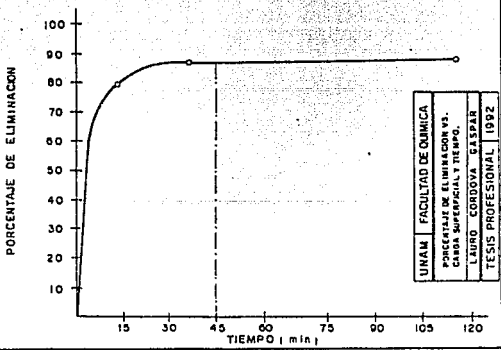
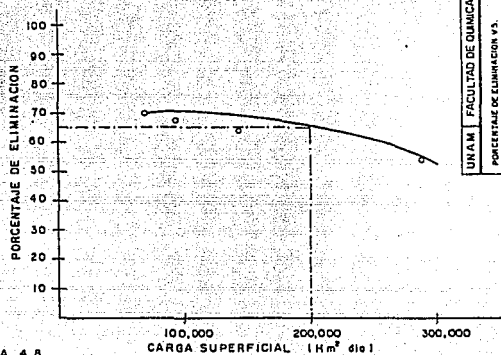


FIGURA 4.7
ENSAYO 1

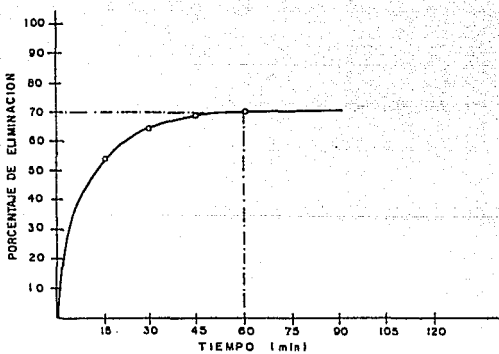


UNAM	FACULTAD DE QUIMICA
PORCENTAJE DE ELIMINACION VS. CARGA SUPERFICIAL Y TIEMPO.	
LAURO	CORDOVA CASPAR
TESIS PROFESIONAL 1992	



UNAM | FACULTAD DE QUIMICA
 PORCENTAJE DE ELIMINACION VS.
 CARGA SUPERFICIAL Y TIEMPO.
 CLAUDIO CORDOVA GONZALEZ
 TESIS PROFESIONAL 1992

FIGURA 4.8
 ENSAYO 2



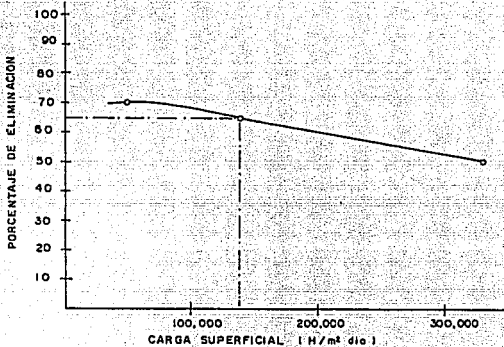
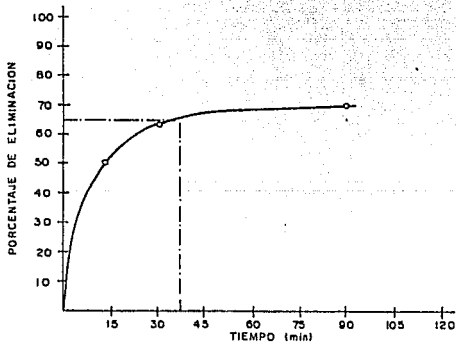


FIGURA 4.9
ENSAYO 3



UNAM FACULTAD DE QUÍMICA
PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN VS. CARGA SUPERFICIAL Y TIEMPO.
LEILA CORDOVA CASPIR
TESIS PROFESIONAL 1992

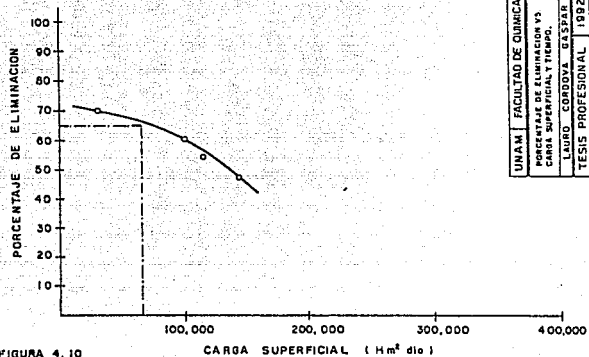
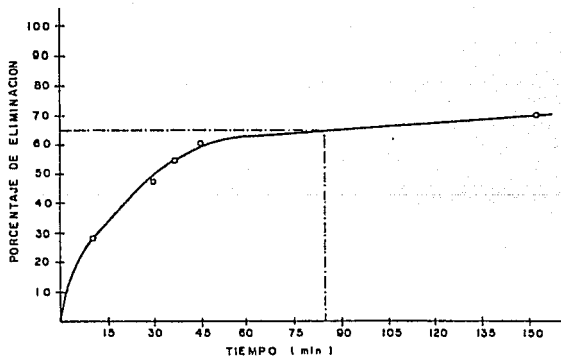
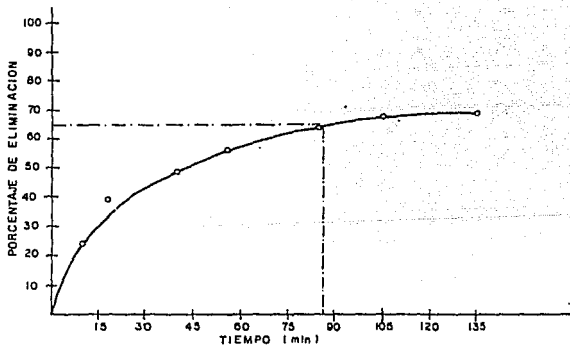
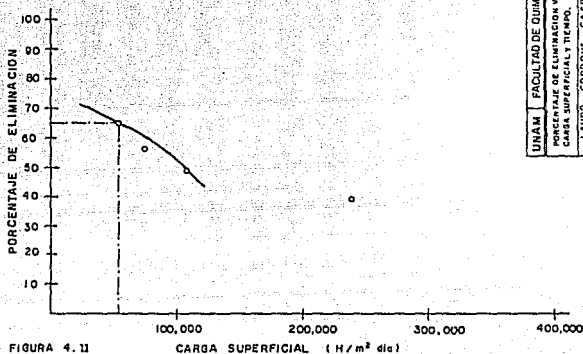
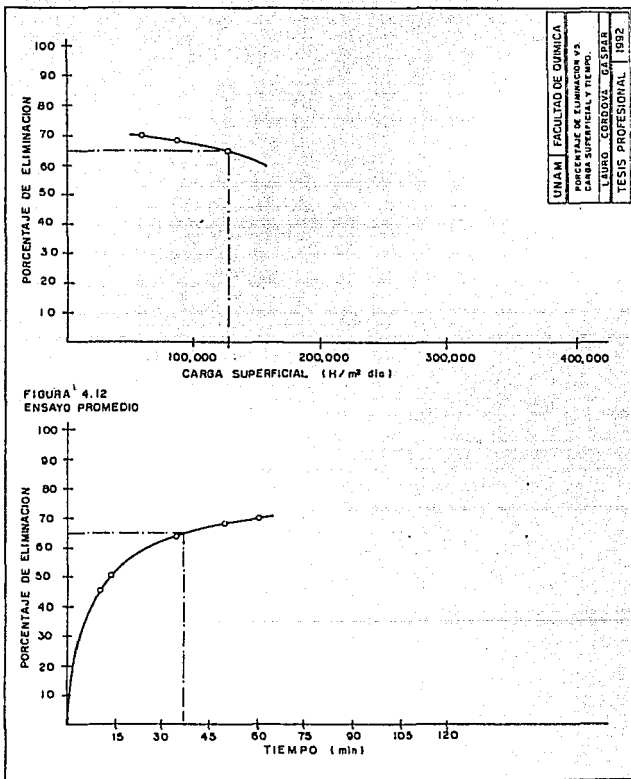


FIGURA 4.10
ENSAYO 4



UNAM FACULTAD DE QUIMICA
 PROCESOS DE ELIMINACION Y
 CARGA SUPERFICIAL Y TIEMPO
 LUISO GORDOVA GARCIA
 TESIS PROFESIONAL 1992





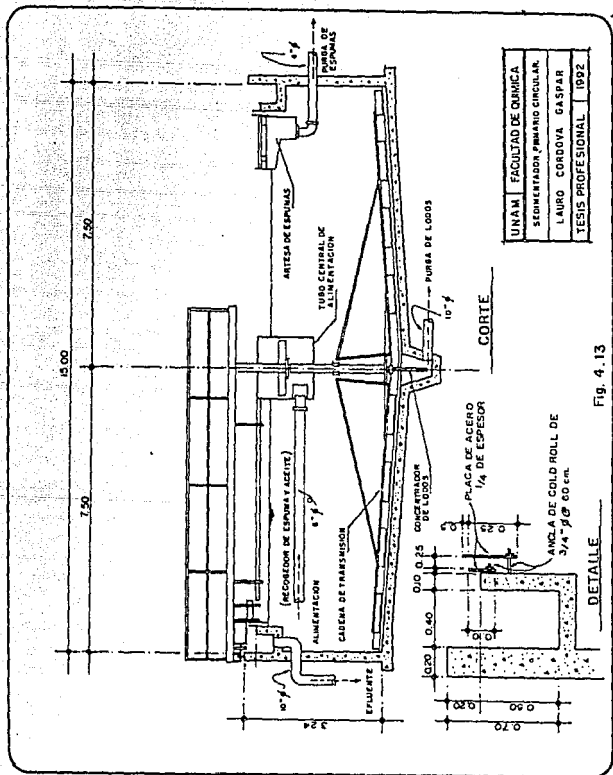


Fig. 4.13

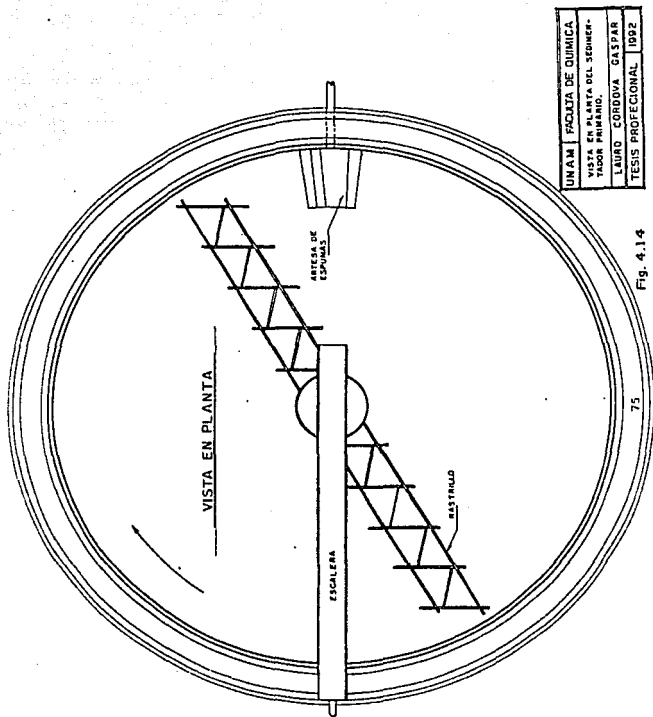
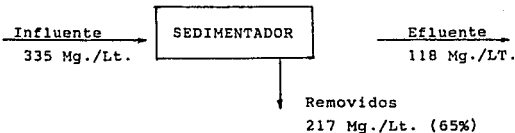


Fig. 4.14

4.4.4.-CALCULO DEL VOLUMEN DE LODO GENERADO DIARIAMENTE.

Realizando un balance de materia, se puede lograr saber la cantidad de lodo que se genera diariamente, Sabemos de antemano que el agua residual usada para la realización de los experimentos contiene 335 Mg/ Lt de sólidos suspendidos, y que el porcentaje eliminado es el 65%, - por lo tanto tendremos 118 Mg./Lt. de sólidos suspendidos en el efluente. Lo anterior es mostrado de la siguiente manera:



El volumen de lodo generado se calcula a partir del -- gasto de aguas residuales y de la fracción de sólidos-suspendidos que es removida.

$$9,982.91 \text{ M}^3/\text{Día} \times 217 \text{ Mg./Lt.} \times \frac{1 \text{ Kg. M}^3}{1000 \text{ Mg./Lt.}}$$

Realizando operaciones, se obtiene el siguiente resultado:

2,166.29 Kg. de lodo generado/ Día.

4.4.5.-CALCULO DE LA VELOCIDAD DE BOMBEO DE LODO PROMEDIO.

Con la cantidad de lodo generado por día y la concentración de sólidos en el lodo, que se estima del orden del 1.5%, de acuerdo a la bibliografía, se calcula la velocidad de bombeo.

$$\frac{1.5 \text{ Gr. SS}}{100 \text{ Gr. Líquido}} = \frac{15 \text{ Gr. SS}}{1000 \text{ Gr. Líquido}} = 15,000 \text{ Mg./Lt.}$$

Convirtiendo este dato a Kg./Lt, se obtiene el siguiente resultado.

$$15,000 \frac{\text{mg}}{\text{lt.}} \times \frac{1 \text{ gr.}}{1000 \text{ Mg.}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ Gr.}} = 0.015 \text{ Kg./Lt.}$$

Devidiendo la cantidad de lodo generado diariamente calculado en el punto 4.4.4, entre la concentración de lodo, se obtiene la velocidad de bombeo.

$$\frac{2,166.29 \text{ Kg./Día}}{0.015 \text{ Kg./Lt.}} = 144,419.33 \text{ Lt./Día}$$

Convirtiendo a Lt./Min, tenemos:

$$144,419.33 \frac{\text{Lt}}{\text{Día}} \times \frac{1 \text{ Día}}{24 \text{ Hrs.}} \times \frac{1 \text{ Hr.}}{60 \text{ Min.}} = 100,29 \text{ Lt./Min.}$$

Si se analiza el dato anterior, se observa que es una-velocidad baja, por lo tanto se sugiere usar un bombeo intermitente, para el desplazamiento del lodo.

CAPITULO V.

ASPECTOS ECONOMICOS.

5.1.-CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACION DE COSTOS.

Con relación a éste punto, se realizó una cuantificación -- de volúmenes, de acuerdo a las dimensiones del sedimentador mostrado en la figura 4.13. Se pretende realizar una evaluación, para saber el costo aproximado de construcción. De acuerdo al diseño, el cuerpo se pretende construir de concreto armado, y los deflectores, pasillos, recolector de lodos y accesorios apartir de placa, perfiles y tubería. El movimiento de los rastrillos, se realiza a través de un motor acoplado a un sistema de engranes que reducen las -- revoluciones del motor.

Para sacar los precios, se consultó el catálogo "GEN" de -- la Subdirección de Proyectos y construcción de Obras de -- Petróleos Mexicanos. Este catálogo contiene conceptos de -- obra que incluyen la mano de obra y materiales y su costo -- por unidad de obra. Estos precios tienen vigencia actual -- y son aplicados en las diferentes obras que se están ejecu -- tando actualmente en la Terminal Marítima Dos Bocas, Tab. Como nota importante, se logra apreciar que el diseño cons -- tructivo, para la evaluación es básicamente obra civil y -- que no es el campo de trabajo para el Ingeniero Químico, -- sin embargo debido a que mi desarrollo profesional comenzó en la Subdirección de Proyectos y Construcción de obras de Petróleos Mexicanos, desempeñando el puesto de supervisor -- de obra, he adquirido conocimientos que me permiten desa -- rrollar los aspectos de obra civil y mecánica, para poder -- cuantificar y evaluar el costo de construcción del sedimen -- tador.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

5.2.-VOLUMEN DE MATERIALES.

En base a las consideraciones anteriores, el resultado de la cuantificación de materiales es el siguiente:

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Grava	39.20	M ³ .
Arena	32.00	M ³ .
Cemento	19.20	Ton.
Varilla de acero de 3/8"Ø	3.81	Ton.
Madera para cimbra	242.00	M ² .
Placa de acero de 1/4" de espesor	35.00	M ² .
Tubería de acero al carbón de 1 1/4"Ø	115.00	M.
Idem. pero de 4"Ø	3.00	M.
Idem. pero de 6"Ø	10.00	M.
Idem. pero de 10"Ø	20.00	M.
Codo de acero al carbón, 90° de 4"Ø	1.00	Pza.
Idem. pero 10"Ø	3.00	Pza.
Ancias de cold rolled de 3/4"Ø, tipo "L" de 30 x 10 Cm.	75.00	Pza.
Idem. pero de 10 x 5 Cm.	75.00	Pza.
Canal de a/c de 4" x 1 1/2" x 3/16"	28.00	M.
Motor trifásico de 3 HP, con reductor de revoluciones.	1.00	Pza.

5.3.- VOLUMENES DE OBRA Y COSTOS DE LOS MISMOS.

La siguiente tabla muestra los volúmenes de obra, su precio unitario y el monto por cada concepto. La suma de todos los importes será el monto aproximado de la construcción del sedimentador primario.

C O N C E P T O:	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE:
Excavación en zanja con retroexcavadora.	227.0	M2.	33,046.00	7'501,487.00
Habilitado y colocación de cimbra.	242.0	M2.	88,546.20	21'428,180.00
Habilitado y colocación de acero de refuerzo.	3.815	Ton.	2'575,125.00	9'824,101.90
Elaboración y vaciado de -- concreto f'c= 200 Kg/Cm2.	54.5	M3.	310,075.50	16'899,115.00
Fabricación y montaje de -- herrajes y estructuras metálicas a partir de perfiles y placa.	2.52	Ton.	4'724,998.00	11'906,997.00
Manejo y erección de tubería de 4"Ø.	3.0	M.	125,738.40	377,215.20
Idem. pero de 6"Ø	10.0	M.	215,694.40	2'156,940.00
Idem. pero de 10"Ø	20.0	M.	329,034.30	6'580,686.00
Manejo y erección de uniones de fábrica de 4"Ø	1.0	Pza.	120,208.90	120,208.90
Idem. pero de 10"Ø	3.0	Pza.	353,686.60	1'061,059.80
Soldadura a tope en tubería y conexiones de 4"Ø	3.0	Jta.	50,303.70	150,911.10
Idem. pero de 6"Ø	3.0	Jta.	69,337.20	208,011.60
Idem. pero de 10"Ø	8.0	Jta.	107,854.50	862,836.00
Suministro y colocación de motor trifásico de 3 HP con reductor de revoluciones.	1.0	Pza.	3'780,000.00 ⁺⁺	3'780,000.00
			IMPORTE TOTAL: - -	82'857,750.00

⁺⁺ Este precio es el doble del costo del motor, para considerar el reductor de revoluciones, del cual no se logró conseguir precio.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES.

En la actualidad existen epidemias como el cólera, que es una enfermedad -- gastrointestinal provocada por la bacteria llamada "Vibrio cholerae", la -- cual tiene una acción rápida sobre el ser humano, provocandole evacuaciones muy frecuentes y vómitos. En Perú esta enfermedad cobró muchas víctimas. En esa época el Gobierno de nuestro País, en lo que concierne a materia de salud, afirmó que las posibilidades que el cólera llegaría a México eran remotas. Sin embargo en junio de 1991, apareció el primer brote de cólera en el Estado de México. Se comenzó a rumorar que el portador de la bacteria era el pescado por ser su habitat los ríos y lagunas, porque generalmente a éstos son vertidos los desechos domésticos de la ciudades.

A esto se le agrega, que el medio transmisor es el consumo de agua y alimentos que no cuentan con la debida preparación higienica, además de las condiciones insalubres en que habita la Población de bajos recursos económicos. En Tabasco, lugar donde se desarrolla el tema de la presente tesis, lugar que representa la tercera parte de los recursos hidráulicos del País, significa que alto porcentaje de su territorio es agua, no podría ser la -- excepción de contraer esta enfermedad y del 23 de agosto de 1991 a los primeros días de 1992, los casos presentados son 648, afectando 10 de los 17 -- municipios.

Sin lugar a dudas, el tratamiento de las aguas residuales es un tema que -- ocupa la atención mundial en este momento, debido a la urgente necesidad de mantener las corrientes de agua con características aceptables sanitariamente hablando. Es preocupación del gobierno de nuestro País en particular que las industrias y descargas sanitarias de las ciudades. sean dispuestas finalmente con un tratamiento previo, para que no contaminen el medio ambiente. Con este objetivo, se han emitido leyes y reglamentos que rigen las condiciones en que un desecho debe ser vertido a un efluente o cual debe ser -- su disposición final, dependiendo del desecho que se trate.

En cuanto a materia de aguas residuales, con la idea básica de la necesidad de su tratamiento, para evitar contaminación y enfermedades y cumplir con -- reglamentos establecidos, la presente tesis tiene como objetivo, el diseño de un sedimentador primario, en base a datos experimentales obtenidos con --

aguas residuales de la planta de tratamiento de la ciudad de Paraíso, Tabasco.

Para desarrollar el diseño, la determinación de los parámetros experimentales, se hizo con la ayuda de laboratorios de Petróleos Mexicanos en la Terminal Marítima Dos Bocas, Tab., así como las pruebas de sedimentación en la planta de tratamiento ya mencionada; con una columna construida a base de tubería de acero al carbón, conexiones y válvulas.

Después de efectuar las determinaciones, manejar los datos experimentales, calcular las dimensiones del sedimentador, realizar una evaluación en cuanto a costos, procesos detalladamente descritos en los capítulos anteriores, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1.-La columna de sedimentación, construida a base de tubería y accesorios de acero, es costosa, pero fácil de construir, - Desgraciadamente, ninguna institución en Tabasco cuenta con este equipo. El sistema de alcantarillado y agua potable de Tabasco (SAPAET), se apoya en compañías diseñadoras para la construcción y diseño de las plantas de tratamiento, y solo cuenta con un laboratorio para control de calidad de las -- aguas residuales en la Capital del Estado.
- 2.-La determinación de las características de las aguas residuales tienen que determinarse, porque no se cuentan con datos experimentales necesarios para realizar bien el diseño del sedimentador, e incluso para cualquier equipo de una -- planta completa de tratamiento.
Parte de las características del agua residual, se tuvieron que realizar en instituciones como Petróleos Mexicanos, por que cuentan con parte del equipo, debido a que es una empresa que vigila y controla la calidad del agua que maneja dentro de sus instalaciones.
- 3.-Se tuvo que manejar un promedio de todas las determinaciones para efectuar los cálculos, ya que las características del agua residual manejada en la planta, variaban como era de esperarse, puesto que el sistema de captación proviene de un drenaje combinado que recibe aguas domésticas y plu--

viales. Durante el período de realización de las pruebas de se di men ta ci ón en algunos días hubo lluvia y otros no, por lo que no siempre el agua residual contenía la misma cantidad de sólidos. Lo anterior es observable en las tablas de sedimentación y en las curvas igual concentración plasmadas para cada ensayo realizado en el capítulo 3 y 4.

4.-El comportamiento de una agua residual manejada en una columna de sedimentación, no es igual que en un tanque de sedimentación real, ya que con referencia a los factores que afectan la eficiencia; como son la turbulencia provocada por el viento, gradientes de temperatura, remoción muy rápida de los lodos generados, Etc. se amortiguan éstos con el aumento del tiempo de residencia, al igual que con la -- disminución de la carga superficial.

También la velocidad de entrada y salida del flujo, son variables que deben tratar de mantenerse constante, ya que -- también contribuyen en la disminución de la eficiencia, porque su variación provoca que las partículas no alcancen a sedimentar. Este efecto se controla con placas deflectoras. La remoción de lodos debe realizarse adecuadamente con el menor volumen de agua para su tratamiento posterior, evitando que los sólidos sedimentados sean resuspendidos, provocando espumas, Los generados en el tanque, si permanecen mucho tiempo, comienzan a descomponerse produciendo gases que generan burbujas que a su vez provocan que los sólidos tiendan a suspenderse.

Todos los factores anteriores que disminuyen la eficiencia, se controlan con los accesorios, como son los recogedores de espumas y placas deflectoras para control de espuma, también con el equipo mecánico de remoción de lodos, pero sin duda la parte principal que contribuye a la eficiencia de un sedimentador es la buena operación y el buen diseño de sus dimensiones y accesorios, partiendo de las características experimentales determinadas para el tipo de agua resi--

dual que se quiera manejar, puesto que no se puede partir de - datos supuestos o tomados de tablas de referencia para aguas - residuales que se desconocen sus orígenes.

5.-En relación al capítulo de aspectos económicos, lo fuerte - en la construcción del sedimentador es la obra civil, ya -- que la obra electromecánica es mínima. Su cuantificación no representa muchos problemas pro ser una obra que no es compleja en cuanto a forma. Debido a la experiencia que tengo, después de haber trabajado durante 5 años en la Subdirección de Proyectos y Construcción de Obras de Petróleos Mexicanos, se me facilitó la evaluación en lo que respecta a -- obra civil y mecánica.

Con respecto a los materiales de construcción que se muestran en el punto 5.2, se puede apreciar que todos son de fácil adquisición, en cualquier parte del País. En cuanto a la mano de obra, también se puede concluir que en cualquier parte del País. Se cuenta con mano de obra calificada, para construir un sedimentador de este tipo.

En la tabla 5.3 se muestran los importes de los conceptos de obra manejados y la suma de éstos es el costo aproximado de construcción, que es del orden de los 83 millones de pesos.

El valor anterior es justificable si valoramos la importancia que representa un sedimentador primario como parte de un proceso de tratamiento de aguas residuales.

6.- Para terminar, manifiesto que el sedimentador primario como Parte de un tratamiento primario, es incompleto, ya que para que cumpla esta función, debe ir complementado con una unidad de cloración a la salida del efluente, para garantizar que el agua no contenga bacterias que contaminen un río o laguna, ó dependiendo de la disposición final que quiera darsele. Lo importante es lograr que el agua presente condiciones favorables en cuanto a sanidad, para evitar que esta

agua sea fuente de enfermedades, debido al origen que tiene el agua residual manejada en esta tesis. Para el caso de la ciudad de Paraíso, la disposición final del agua tratada es el río SEco, por lo tanto la unidad de cloración es fundamental para este proceso.

También el sedimentador requiere de una unidad aparte para tratamiento de los lodos generados, dependiendo del método que se seleccione para tratarlos y de la disposición final que quiera darsele.

La unidad de cloración y la unidad para tratamiento de lodos no se incluyen en esta tesis, porque no es objetivo del presente trabajo; sin embargo es necesario hacer mención de estos dos aspectos, para plantear el proceso completo de tratamiento primario de las aguas residuales, que tanta importancia tiene, para bien de la humanidad y de la ecología en general.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-BABBIT, HAROLD EATON.
Sewerage and sewage treatment.
Edit. willey. New York 1958.
- 2.-CAMPOS JULIETA, GONZALEZ PEDREDO ENRIQUE
Tabasco: Las voces de la naturaleza.
Consejo editorial del Gobierno del Estado de tabasco, 1982.
- 3.-DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK.
Manual de tratamiento de aguas negras.
Editorial Limusa, 1983.
- 4.-DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION.
Reglamento para la prevención y control de la contaminación
de aguas.
México D.F. 29 Mayo/73.
- 5.-FAIR, GEYER Y OKUN.
Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Tomos I y II.
Editorial Limusa.
- 6.-GONZALEZ PEDRERO ENRIQUE.
Monografía general del Estado de Tabasco.
Cosnejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco, 1981.
- 7.-H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DEL MUNICIPIO DE PARAISO,TAB.
Censos de Población de 1950 a 1990.
- 8.-J. RODIER.
Análisis de la aguas.
Edit. Omega. Bardelona 1981.
- 9.-LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AM-
BIENTE.
Editorial Porrúa, México 1991.
- 10.-MAGAÑA CORTEZ SAMUEL.
Monografía del Municipio de Paraíso.
Consejo editorial del Gobierno del estado de Tabasco, 1964.

- 11.-METCALF AND EDDY.
Wastewater engineering. Colección, Treatment disposal.
Mc. Graw Hill, New York, 1972.
- 12.-RAMALHO, RUBENS SETTE.
Introducción to wastewater treatment processes.
Ademic Press. New York, 1977.
- 13.-SUBDIRECCION DE PROEYCTOS Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS. PEMEX.
Catálogo de precios unitarios de construcción de plantas -
industriales, clave: GEN - 107. Aplicable a Dos Bocas, Tab.
Vigencia: 01/08/91.
- 14.-W.W. ECKENFELDER, D.L. FORD.
Water pollution control. experimental procedures for pro--
cess design.
Editorial The Pemberton Press. Austin and New York, 1970.
- 15.-W.W. ECKENFELDER, D.J. O'CONNOR.
Biological waste treatment.
Perganon Press, New York 1961.
- 16.-WEBER, WALTER J.
Control de la calidad del agua. procesos fisicoquímicos.
Reverte, S.A. España 1979.