

01149
75

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
AREA DE INGENIERIA AMBIENTAL

"EVALUACION DEL TREN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL SISTEMA REGIONAL TOLUCA-LERMA"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tesis
TRABAJO PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO
EN INGENIERIA (AMBIENTAL)
POR:
ING. J. ROLANDO FRIAS FIGUEROA

México, D. F.
Septiembre, 1983.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	P A G.
I.- INTRODUCCION.	1
II.- CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE A LA PLANTA.	3
III.- CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA.	6
IV.- BASES DE DISEÑO.	9
V.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.	13
VI.- REVISION DE LAS UNIDADES DEL TREN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO.	24
VII.- EVALUACION DEL EFLUENTE DE LA PLANTA PARA USOS EN RIEGO AGRICOLA.	59
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	73
IX.- BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.	78

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I.- INTRODUCCION.

- 1.1.- Los beneficios que produce el desarrollo urbano e industrial, traen aparejados diversos impactos ambientales que es necesario prever - y corregir. Entre esos impactos figuran, de manera notable, los que se derivan de la contaminación del agua, provocada por la inadecuada disposición de las aguas residuales municipales e industriales - que al ser vertidas sin ningún tipo de tratamiento a los diferentes cuerpos receptores, deterioran la calidad de éstos, con la consiguiente limitación de los usos posteriores a que pueden destinarse.

Este es el caso de la zona urbano-industrial Toluca-Lerma, Estado de México, que constituye una de los más importantes centros de desarrollo del País, descarga sus aguas residuales municipales e industriales en un sitio cercano al nacimiento del Río Lerma, cuyas aguas son empleadas posteriormente para fines agrícolas, motivando una de gradación sensible de su calidad.

- 1.2.- En 1982 inició operaciones el Sistema de Tratamiento Regional Toluca-Lerma, sin embargo las condiciones en el influente han cambiado (gasto, grasas y aceites, metales pesados y sólidos sedimentables) por lo que se requiere realizar una evaluación del tren de procesos, motivo por el cual se llevó a cabo éste trabajo en opción a tesis para obtener el grado de Maestría en Ingeniería (Ambiental).

- 1.3.- El objetivo de éste trabajo es evaluar el tren de procesos de la Planta Regional de Tratamiento de aguas residuales, desde dos puntos de vista: a) eficiencia de cada proceso para remover contaminantes de acuerdo con las características del influente y la literatura técnica existente y, b) revisión de los principales procesos y equipos instalados. Así mismo se evalúa la calidad del efluente para reusarlo en Riego Agrícola teniendo presente los criterios existentes para dicha actividad.

Los datos para realizar éste trabajo, se obtuvieron durante el período Enero-Febrero de 1983, por lo que la evaluación se ve limitada debido a la brevedad de ese período.

- 1.4.- En 1970, el Gobierno Federal inició los estudios para determinar el grado de contaminación del río Lerma en su cuenca alta. En 1974 se hicieron encuestas industriales para definir los usos del agua en las mismas, se realizaron muestreos en descargas y principales colectores de aguas residuales industriales y en la Ciudad de Toluca. La información obtenida sirvió de base para definir la zona de acción del distrito regional. En 1974 la alternativa de tratamiento seleccionada fué la de proponer dos plantas de tratamiento: a) una planta de tratamiento primaria para las aguas residuales municipales y, b) un proceso de lagunas primarias seguido de unas lagunas aeradas para la planta industrial. En 1977 y 1980 se hicieron algunas modificaciones al proyecto original de la planta industrial, en la recirculación de lodos y número de líneas de proceso para mejorar el diseño, pero conservándose el tren de procesos original. En 1981 se cambio el proyecto inicial de lagunas aeradas por un proceso biológico de lodos activados. Durante el período de 1981 a 1982 se construyó la planta de lodos activados y se puso en marcha en el mes de septiembre de 1982.

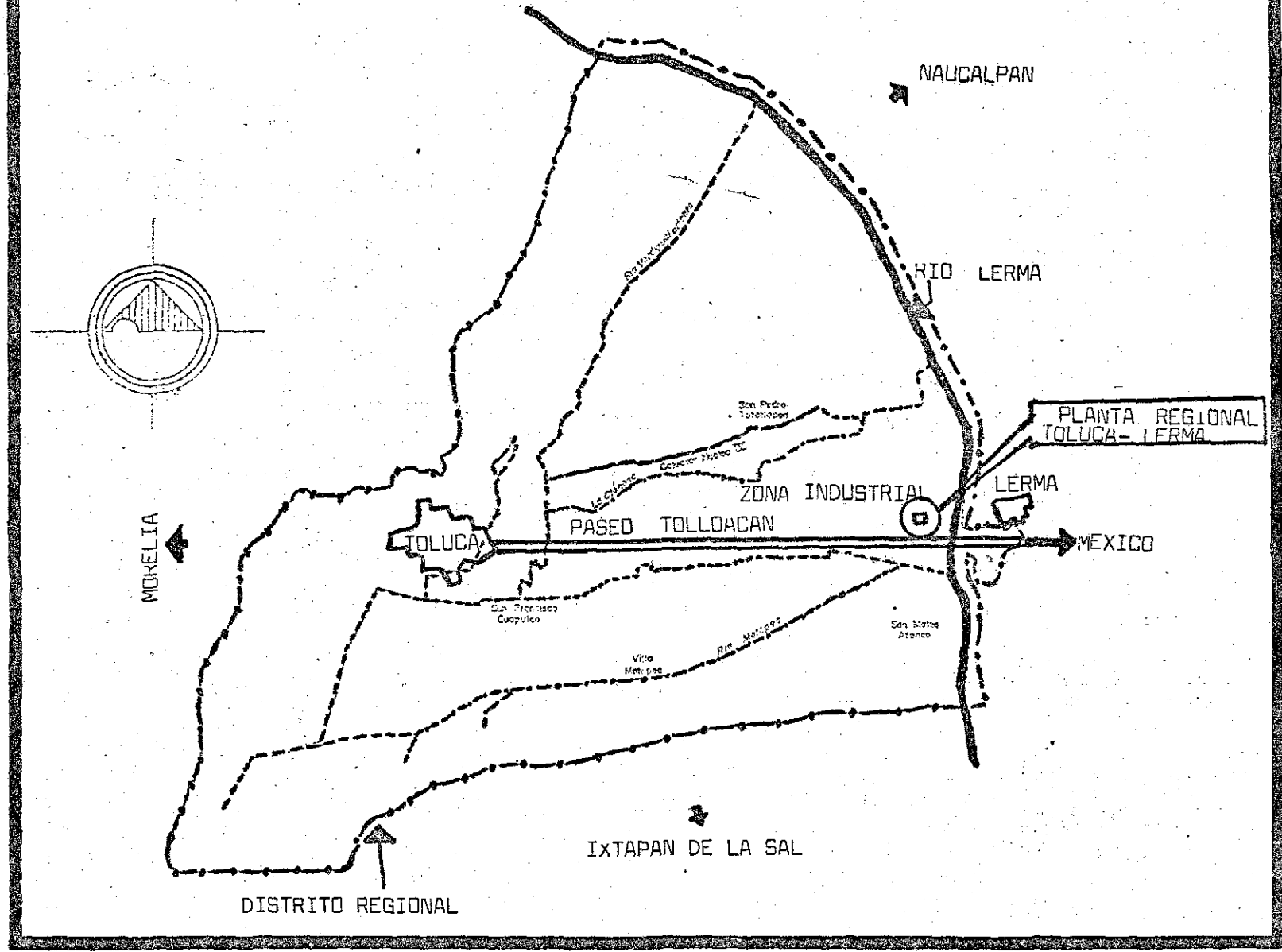
- 1.5.- En la figura 1, se muestra un croquis de localización de la zona -- de estudio y la ubicación de la planta de tratamiento de aguas re -- siduales.
- 1.6.- Este sistema regional de tratamiento se construyó para dar servi -- cio a aproximadamente 100 industrias y a las localidades urbanas -- que se encuentran comprendidas en el Distrito. La base para presta -- ción de éste servicio se estableció de acuerdo al cobro de cuotas -- a los usuarios dependiendo de las características de sus descargas: -- gasto (Q), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos -- totales (SST), y grasas y aceites (G y A). Este concepto es el mismo -- que se aplicó con anterioridad (1976) en el Distrito Regional de --- LIVAC, Edo. de Morelos.
- 1.7.- En la organización del trabajo, se tomó como marco de referencia las características influyentes a la planta, las bases de diseño y las -- condiciones particulares de descarga fijadas por la Secretaría de -- Agricultura y Recursos Hidráulicos que constituyen una base legal -- para el diseño de la planta. La revisión de las unidades del tren -- de procesos y la evaluación del efluente para usos en riego agríco -- la, se hizo teniendo presente los criterios existentes para dicha -- actividad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1

DISTRITO REGIONAL PARA EL CONTROL DE CONTAMINACION DEL AGUA EN LA ZONA TOLUCA - LERMA.

FIGURA J ANTONIO ALZATE



2-A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE.

2.1.- Durante el período de 1974-1976, se realizaron estudios exhaustivos en la región Toluca-Lerma, definiendo el comportamiento del drenaje, número de industrias, ubicación y su actividad. Se realizaron - - encuestas industriales para definir los usos del agua dentro de - - las mismas y las características de sus descargas y se muestrea ron los principales colectores de aguas residuales industriales - y de aguas municipales de la ciudad de Toluca, la información obtenida sirvió de base al estudio de factibilidad del Distrito. Es tos datos han variado debido al crecimiento del asentamiento urba no-industrial en la zona, por lo que fué necesario llevar a cabo otro programa de muestreos realizado por EPCCA en 1980 que sir viera de base al proyecto ejecutivo del sistema de tratamiento de aguas residuales. Ref. (2).

2.2.- La Tabla 2.1 indica los valores promedio de siete parámetros - - muestreados durante el período Enero - Febrero de 1983 en el in - - fluente de la planta y analizados por el laboratorio de la planta y por el laboratorio del CIECLA, SARH. El influente a la planta está formado por dos colectores que son: El CANAL INDUSTRIAL que lleva agua residual industrial y el CANAL TOTOLTEPEC que trans-- porta aguas residuales industriales y aguas residuales municipales. Los dos canales colectores se juntan en un punto y forman el influen te a la planta. La elevación del agua en el influente se realiza -- por medio de una primera estación de bombeo, constituida por dos - bombas de tornillo, y la toma de muestras es poco después del bom-- beo para que las muestras sean más representativas debido al mez--- clado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 2.1. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL INFLUENTE A LA PLANTA (ENERO-FEBRERO 1983)

PARAMETRO:	CONCENTRACION PROMEDIO
DBO ₅ -----	886.5/ 1mg/l
DQO -----	1,941.8 mg/l
Sólidos suspendidos totales (SST) -----	195.6 mg/l
Sólidos Sedimentables (SSe) -----	11.06 ml/l
pH -----	6.2
Temperatura -----	13° C
Grasas y Aceites -----	111.25mg/l

2.3.- La Tabla 2.2 muestra las características de las concentraciones de metales pesados y sustancias tóxicas en el influente a la planta. Los valores que aparecen son promedios y fueron analizados en los meses de Enero y Febrero de 1983, en el laboratorio de control de calidad del agua de la COMISION ESTATAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO (CEAS) , empresa descentralizada del Gobierno del Estado de México.

TABLA 2.2. CARACTERISTICAS DE METALES PESADOS Y SUBSTANCIAS TOXICAS EN EL INFLUENTE A LA PLANTA. (Enero-Febrero 1983)

PARAMETRO:	CONCENTRACION PROMEDIO (mg/l)
ARSENICO -----	0.22
BARIO -----	0.02
CADMIO -----	0.03
COBRE -----	1.06
CROMO HEXAVALENTE -----	0.92
FIERRO -----	1.95
MERCURIO -----	0.00
MANGANESO -----	0.30
NIQUEL -----	0.48
PLATA -----	0.03
PLOMO -----	0.40
SELENIO -----	0.45
ZINC -----	1.94
BORO -----	0.52
CIANURO -----	0.00
CLORUROS -----	316.5
FENOLES -----	1.05



2.4.- En las Figuras 2.1. a 2.7 se observa claramente que a pesar de tener un lapso de tiempo reducido se registran picos que pueden ocasionar serios problemas al proceso biológico.

En la Figura 2.1, se observa que la DBO_5 presenta cargas "shock" que llegan arriba de los 2,000 mg/l, aunque en el lapso de 10 días sólo se registro una, pueden presentar un riesgo para cumplir con las condiciones particulares de descarga en lo que se refiere a la DBO_5 .

En la Figura 2.2, se observa mucha variación en las concentraciones influentes de sólidos sedimentables, registrandose 4 picos en un lapso de 14 días. Por otro lado, la concentración influente promedio (11 ml/l) es muy superior a la considerada por la empresa Española Daniel García Buñol en las memorias de cálculo.

En la Figura 2.3, se observa que también existen picos de grasas y aceites en la concentración influente, de ese modo las grasas emulsificadas pueden afectar el proceso biológico en el reactor y presentar problemas para cumplir con las condiciones particulares de descarga en lo que a ese parámetro se refiere.

En la Figura 2.4, se observa que la concentración influente de plomo registra variaciones, que dependiendo de la magnitud con que se presenten pueden presentar problemas al proceso biológico.

En cuanto al Cromo, en la Figura 2.5 se puede apreciar un pico cercano a los 10 mg/l, debido a la toxicidad del cromo en estado hexavalente, cargas "shock" de esa magnitud puede presentar serios problemas al proceso biológico.

En cuanto al Cobre, en la Figura 2.6 se observa que también existen variaciones en la concentración influente, presentando picos de 3.0 mg/l de concentración que pueden inhibir el proceso biológico en el reactor y en la digestión aerobia.

En la figura 2.7, se observa que aunque el arsenico presenta variación en el influente, la concentración a que se observa no representa un peligro para el proceso biológico.

CONCENTRACION DE DBO₅(mg/l.)

AÑO 1983

2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 T (d i a s)

TIEMPO EN DIAS

FIG.2.1. CARACTERISTICAS INFLUENTES DE LA DBO₅

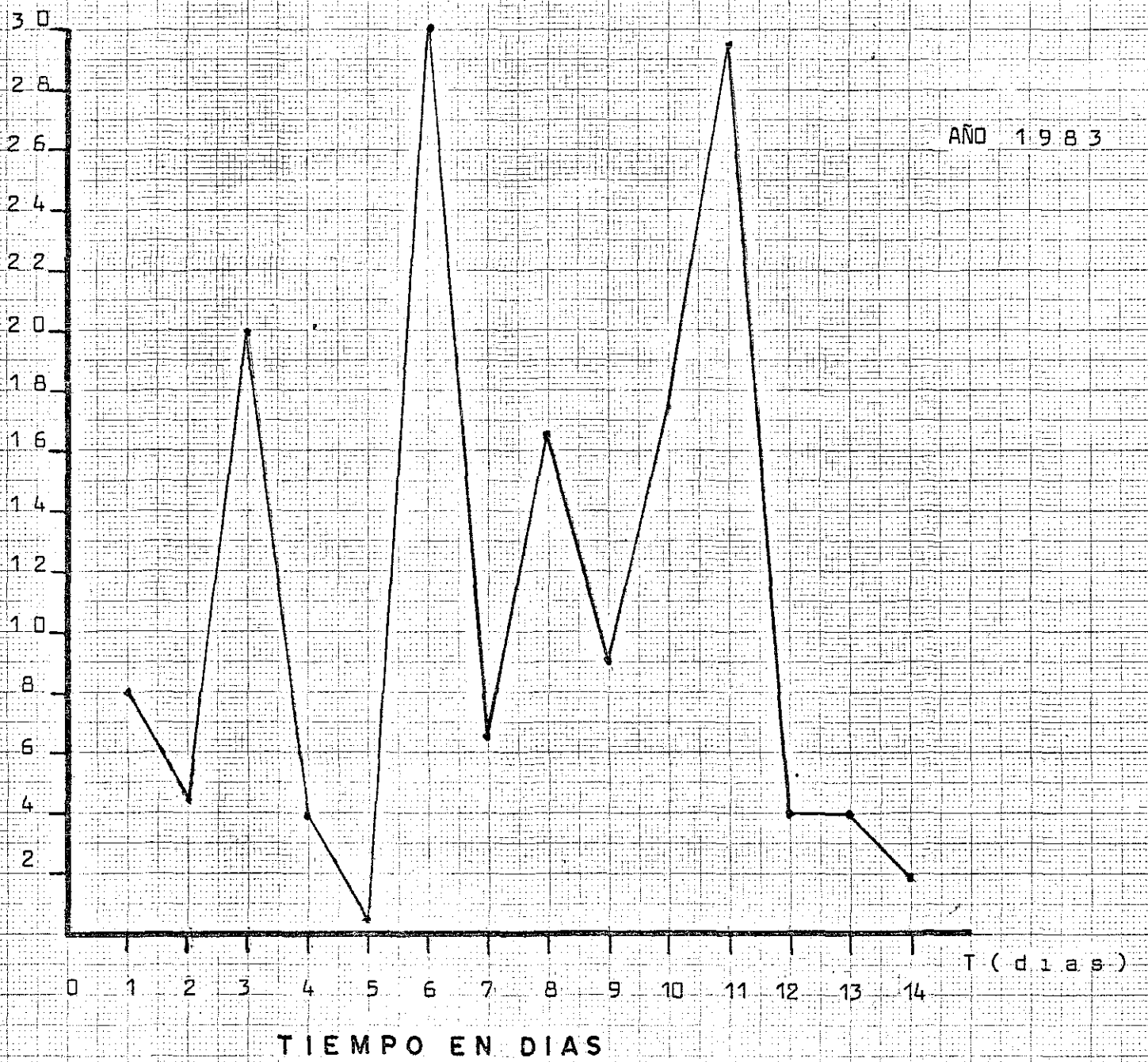
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5-A

S-10

CONCENTRACION DE SSe (ml./l.)

AÑO 1983



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. 2.2

CARACTERISTICAS INFLUENTES DE SSe

S-C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

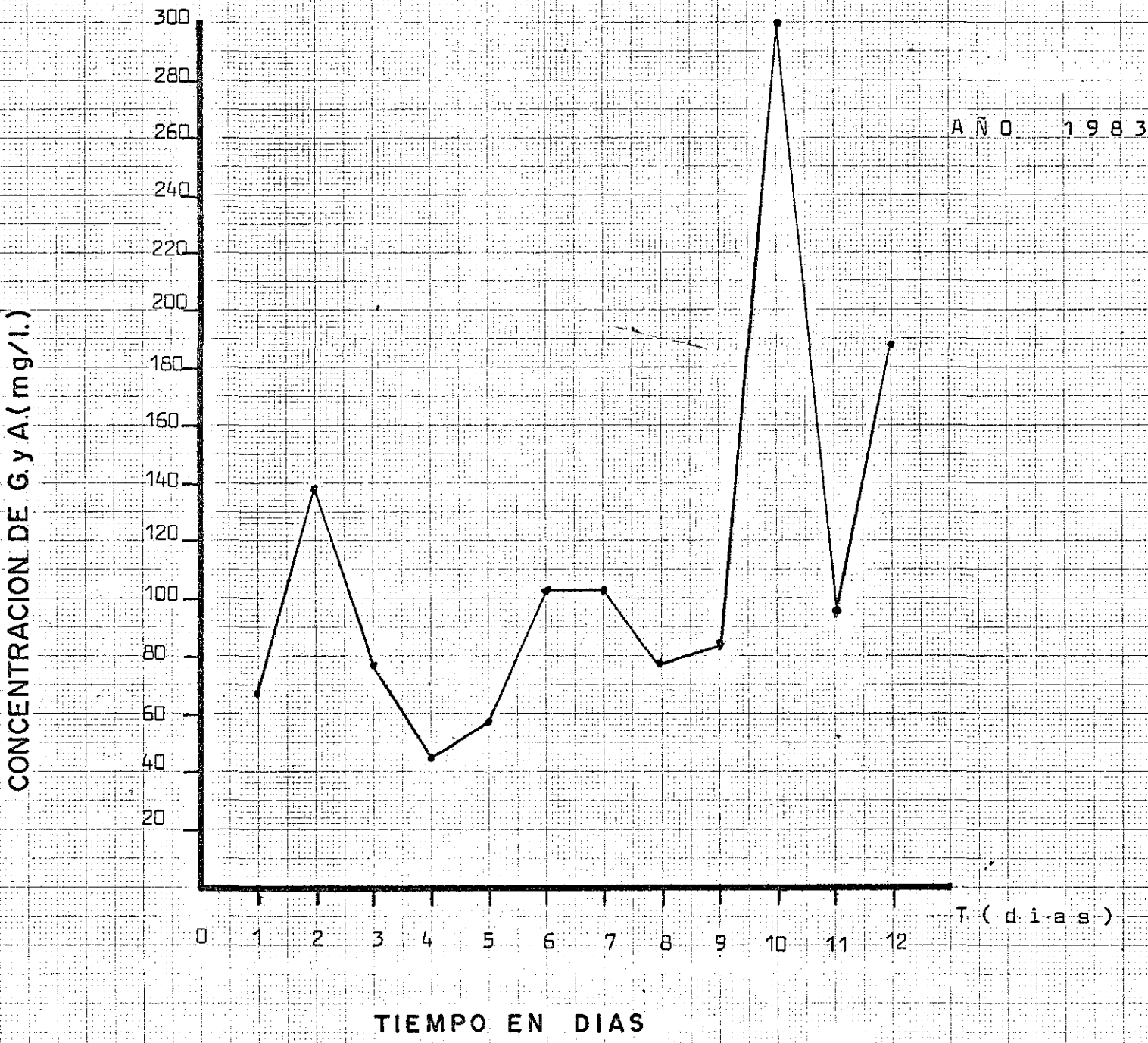
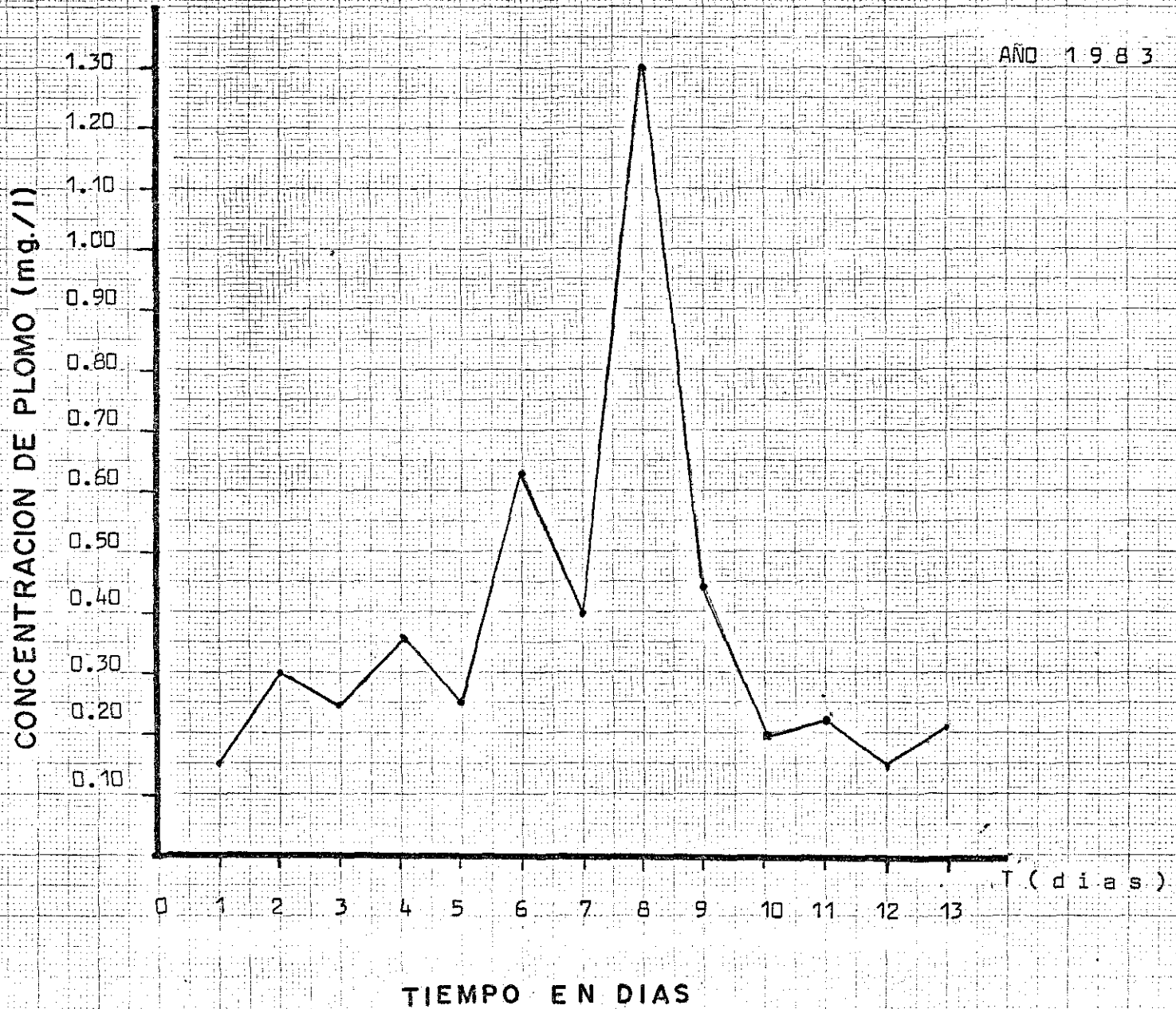


FIG.2.3 CARACTERISTICAS INFLUENTES DE GRASAS Y ACEITES

MADE IN GERMANY
270x370 mm

S-D

TESIS CON
VALIA DE ORIGEN

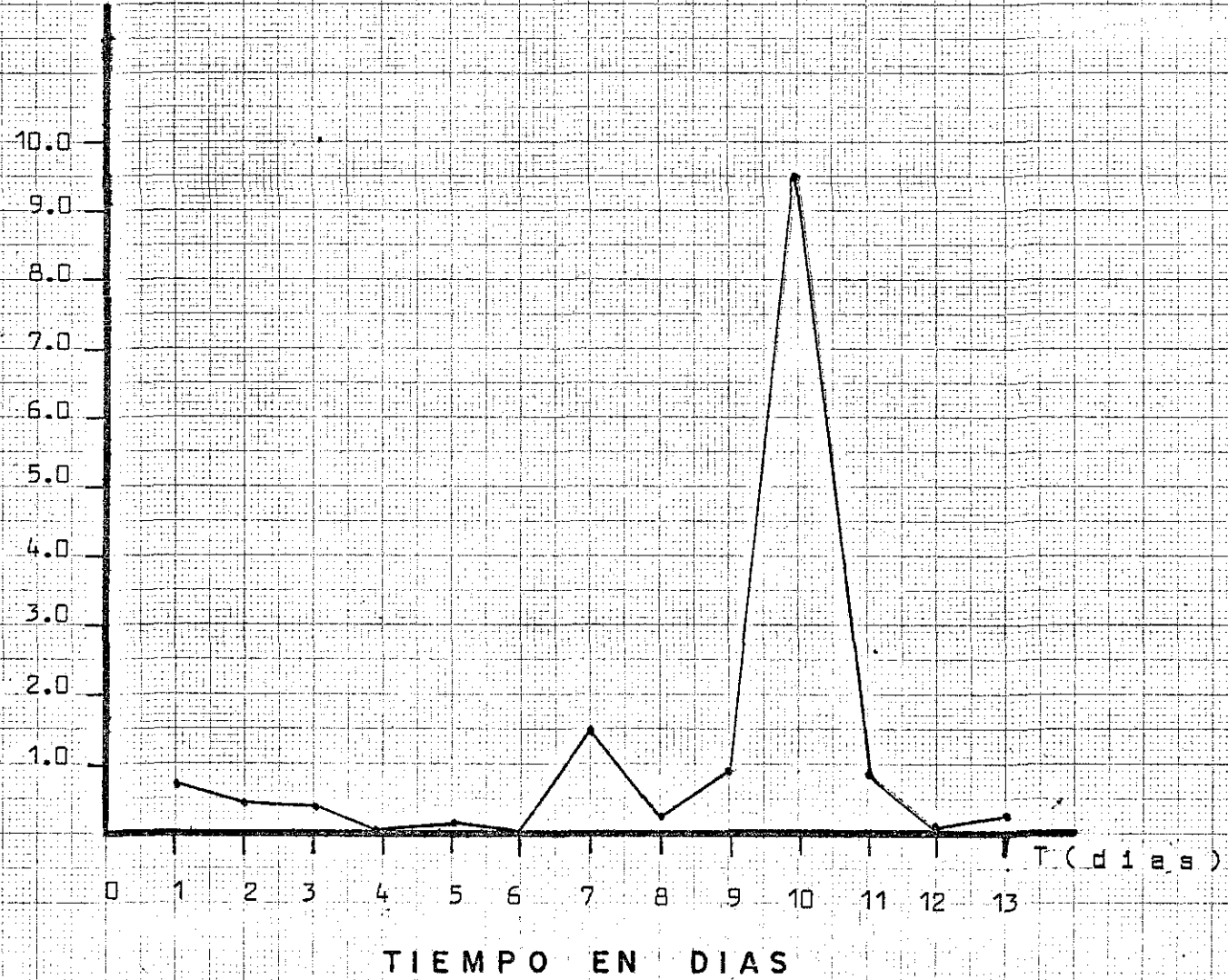


AÑO 1983

FIG.2.4 CARACTERISTICAS INFLUENTES DEL PLOMO

AÑO 1983

CONCENTRACION DE CROMO (mg/l)



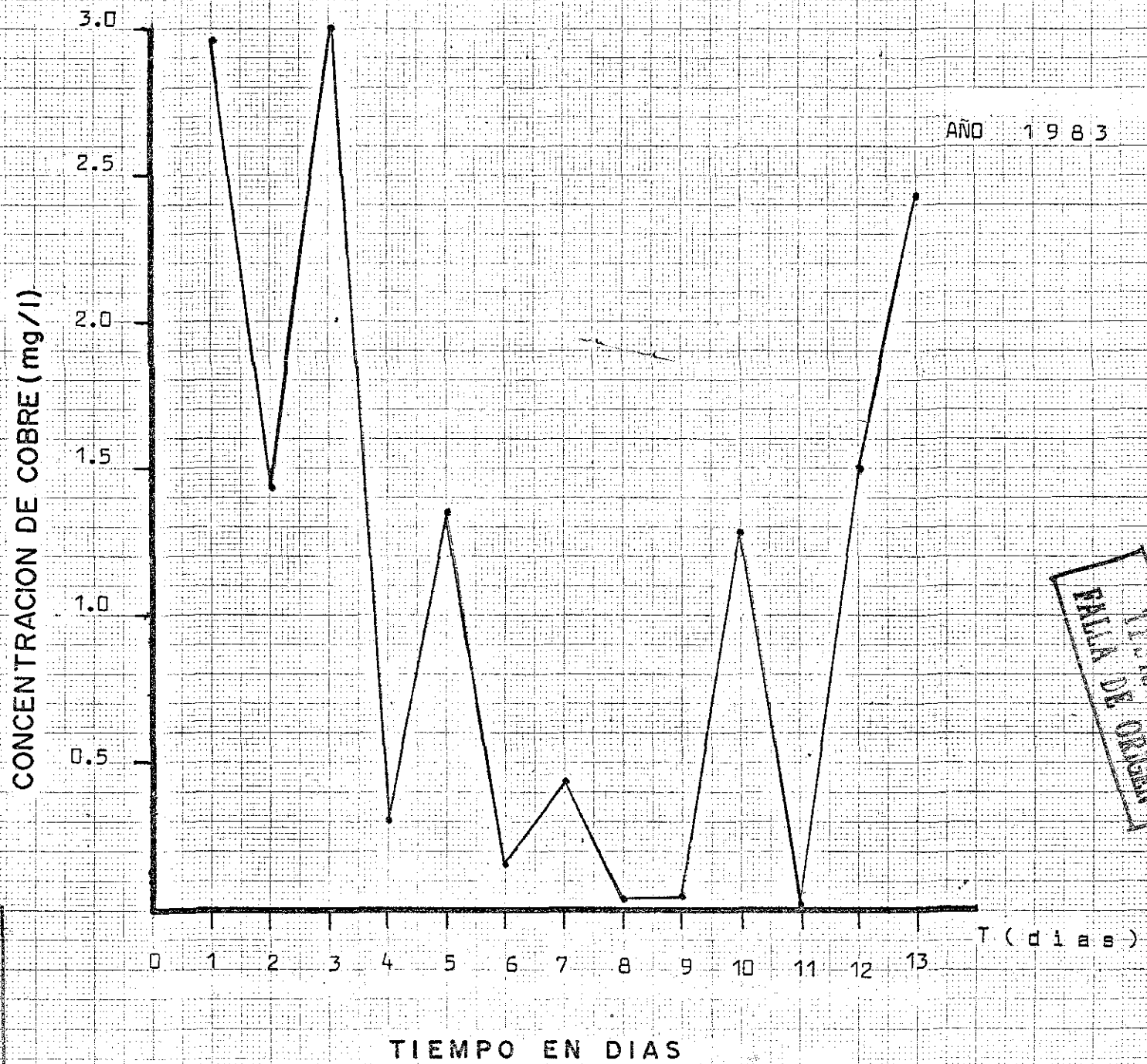
TIEMPO EN DIAS

FIG. 2.5. CARACTERISTICAS INFLUENTES DEL CROMO

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

S.F.

S-F



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

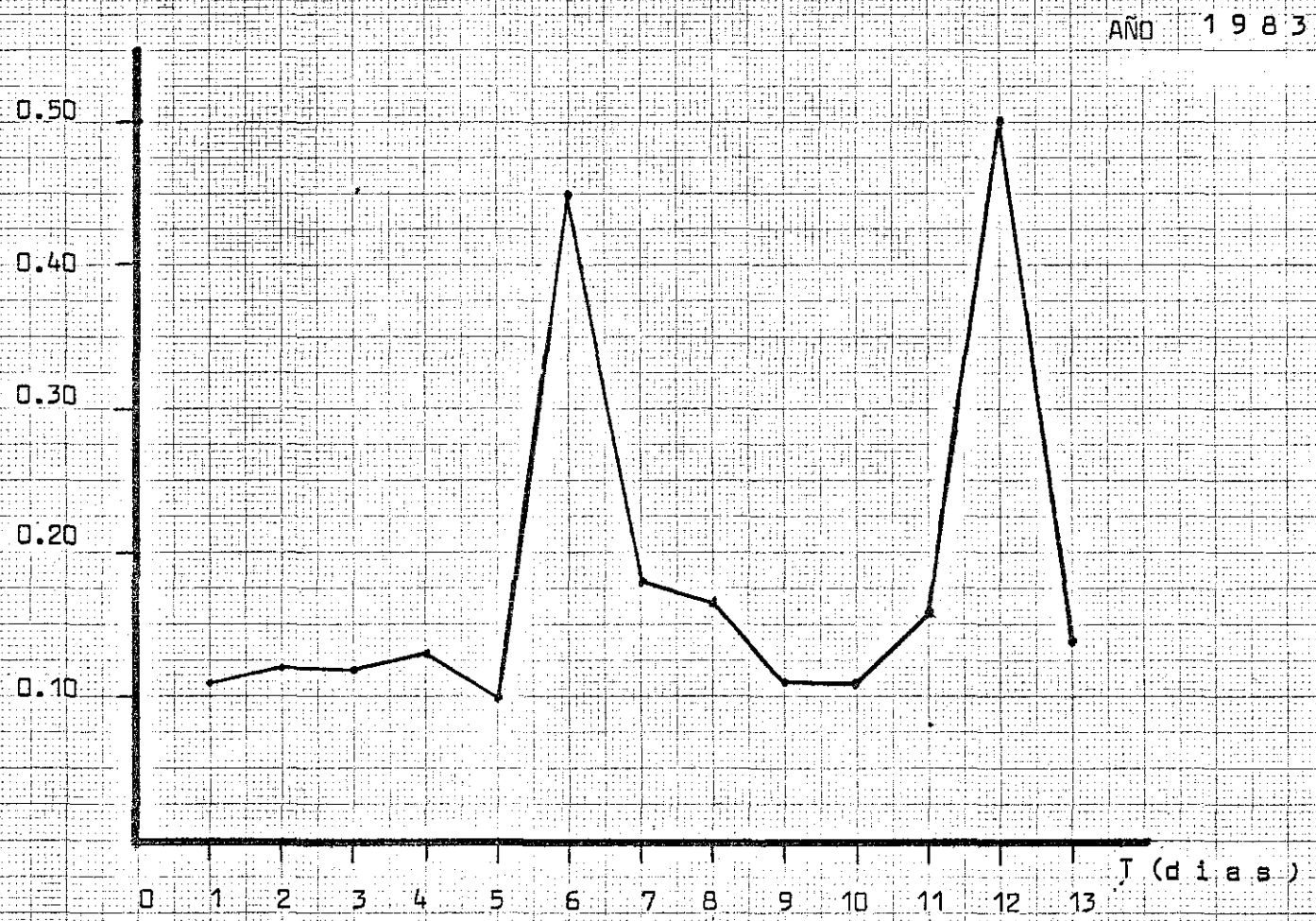
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG.2.6 CARACTERISTICAS INFLUENTES DEL COBRE

5-6

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

CONCENTRACION DE ARSENICO(mg/l)



TIEMPO EN DIAS

FIG.-2-7- CARACTERISTICAS INFLUENTES DEL ARSENICO

III).- CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA.

3.1.- En base a un convenio celebrado en 1976, entre la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y el Gobierno del Estado de México, representado por la Empresa para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua en la Zona de Toluca-Lerma y el corredor Industrial, se acordó que el efluente de la planta de tratamiento deberá tener una calidad tal que se enmarcara en la clasificación DIII del Reglamento para el Control y Prevención de la Contaminación de Aguas, es decir para uso Agrícola e Industrial y las características de vertido se ajustarán a lo que al respecto especificara la Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, SARH, como condiciones particulares de descarga, las cuales a continuación se indican en la Tabla 3.1.

La Legislación vigente en México establece límites para la calidad de las aguas de los cuerpos receptores superficiales clasificados para usos agrícolas DIII, que definen las concentraciones del agua para riego agrícola, de acuerdo a los parámetros mostrados en la Tabla 3.2.

Tabla No. 3.1.- CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE TOLUCA-LERMA.

Características.	El Promedio mensual de 8 muestras tomadas en diferentes días no excederá de:	Ninguna muestra individual excederá de:	Carga Máxima en Kg/d
DBO ₅	40 mg/l	60mg/l	2222
pH	- - - -	No será menor que 6 ni mayor que 9 unidades	
Temperatura	- - - -	30°C	
Grasas y Aceites	10 mg/l	15 mg/l	555
Sólidos suspendidos totales.	40 mg/l	60 mg/l	2222
Coliformes totales	1000 NMP/100 ml	2000 NMP/100 ml.	

En cualquier muestra diaria, no se podrán exceder los siguientes valores:

PARAMETRO	CONCENTRACION (mg/l)
As	5.0
Ba	5.0
B	2.0
Cd	0.05
Cu	1.0
Cr	5.0
Hg	0.01
Pb	5.0
Se	0.05
Cianuro	0.02
Fenoles	1.00
RAS	6.00

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T A B L A No. 3.2.- CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES EN AGUAS DESTINADAS PARA RIEGU.

Parámetro	Tolerancia fijada
PH	6.0 - 9.0
Bacterias coliformes	Máximo 1,000 NMP/100 ml. para riego de legumbres que se consumen sin -- hervir o frutas que tengan contacto con el suelo.
Conductividad	Máximo 2,000 UMohs/cm.
RAS	Máximo 6.0 SARH, fijará valores mayores.
BURO	Máximo 2.0 mg/l. Para valores mayores SARH, fijará el valor definitivo.
ARSENICO	5.0 Mg/l
CADMIO	0.005 Mg/l
COBRE	1.0 Mg/l
CROMO HEXAVALENTE	5.0 Mg/l
PLOMO	5.0 Mg/l
SELENIO	0.05 Mg/l
DETERGENTES (SAAM)	3.0 Mg/l

Fuente Ref. (6)

- 3.2.- El permiso de descarga que en octubre de 1977, la SARH otorgó a EPCCA, establece que se deberá cumplir con las condiciones particulares de descarga fijadas. Así mismo, se indica que las condiciones particulares de descarga podrán modificarse después de cinco años si la situación demográfica y ecológica lo requiere, excepto cuando se ponga en peligro la salud pública, en cuyo caso podrán modificarse en cualquier tiempo.
- 3.3.- La descarga de agua residual tratada (efluente), se deberá entubar hasta el sitio final de vertido, que será en la margen izquierda del río Lerma, Protegiendo ésta con una estructura para evitar erosiones.
- 3.4.- Cabe mencionar que dichas condiciones particulares, representan un marco de referencia legal para el diseño de la planta de tratamiento. De acuerdo a la calidad del efluente especificada por las autoridades, se requiere seleccionar y diseñar adecuadamente cada unidad del tren de procesos que constituyen la planta de tratamiento.
- 3.5.- **COMENTARIOS .**
 Confrontando la Tabla 2.2 con el Reglamento para la prevención y control de la Contaminación de Aguas y Teniendo en cuenta que el efluente de la planta se puede enmarcar dentro de la clasificación D-III designada para Uso Agrícola e Industrial se observa que algunos parámetros exceden los valores permitidos:

PARÁMETRO	CONCENTRACION PROMEDIO EN EL INFLUENTE (mg/l)	LIMITE MAXIMO PERMITIDO (mg/l)
CADMIO	0.03	0.005
COBRE	1.06	1.00
SELENIO	0.45	0.05

IV.- BASES DE DISEÑO.

4.1.- Como complemento al programa de la SARH de 1974-1976 se realizó otra caracterización en base a un programa de muestras compuestas, mediciones y análisis diseñado especialmente para el proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento (proceso de lodos - activados). Los valores y parámetros del influente en su conjunto, en base a los cuales se diseñó la planta, fueron suministrados por la Empresa para Prevención y Control de la Contaminación del Agua (EPCCA) en la zona de Toluca Lerma y corresponden a mediciones y análisis efectuados en 1980. Ref. (2) Ver tablas 4.1 y 4.2.

A) CAUDALES:

De acuerdo a la información reportada por EPCCA, se estableció el caudal de diseño siguiente:

Q medio diario: 700 l/s

Q máximo: 1050 l/s

El gasto máximo corresponde a un lapso de tres horas pico por día. Ref. (2).

B) PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

De acuerdo a la información incluida en las memorias de cálculo elaboradas por la Empresa Española, Daniel García Buñol las características de las aguas residuales consideradas para el influente en el proyecto fueron:

T A B L A 4.1.- CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y BIOLÓGICAS
CON QUE SE DISEÑO LA PLANTA.

PARAMETRO	CONCENTRACION
DBO ₅	787 mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	430 mg/l
SOLIDOS SEDIMENTABLES (sSe)	2 ml/l
GRASAS Y ACEITES (G y A)	1500 mg/l
pH MINIMO	5.50
MAXIMO	8.50
TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA	20°C

FUENTE : REFERENCIA (2)

T A B L A 4.2.- CARACTERISTICAS DE METALES PESADOS Y SUBSTANCIAS
TOXICAS QUE SE CONSIDERARON EN EL INFLUENTE, PARA
EL DISEÑO DE LA PLANTA.

PARAMETRO	CONCENTRACION (mg/l)
As	5.00
Ba	5.00
B	2.00
Cd	0.05
Cr	5.00
Hg	0.01
Pb	5.00
Se	0.05
Cianamidas	0.02
Fenoles	1.00
R.A.S.	6.00

FUENTE : REFERENCIA (2)

4.2.- Del análisis de la Tabla 2.1 y de la Tabla 4.1, se observa que existe diferencias en los siguientes parámetros: DBO_5 , SST , SSe , GyA y Temperatura. Destaca sobre todo, - la concentración de grasas y aceites que se consideró de 1500 mg/l para el diseño .

Al respecto las memorias de cálculo de la Empresa Daniel García Buñol menciona lo siguiente:

"Estos valores son los máximos que pueden darse en las aguas a tratar lo cual supone que considerarles valores medios, nos introduce en todos los apartados de cálculo con importante coeficiente de seguridad" . Ref. (2)

4.3.- En la revisión de las memorias de cálculo del Proyecto, se encontró un capítulo denominado "Información Básica", pero la información -- que se presenta está incompleta y solo establece que el sistema requiere ser construído para un caudal de 1050 l/seg. como máximo. No existen en las mismas, bases de diseño para cada proceso, ni información relativa a su diseño.

4.4.- Las memorias de cálculo no incluyen ningún estudio de tratabilidad, tanto a escala de laboratorio como a nivel piloto y es importante - mencionar que la diversidad de substancias que contienen dichas - - aguas residuales, pueden ocasionar serios problemas al proceso biológico, por lo que en un proyecto de esta magnitud, siempre es re--comendable realizar pruebas de laboratorio que sirvan de base de - diseño.

4.5 .- En 1979, se observó que el gasto total que aportaban 71 empresas - era de 408.0 l/seg, que representaba el 66.0% del caudal de dise--ño seleccionado en esa fecha (621 l/seg). Considerando que el asen--tamiento industrial en la zona Toluca-Lerma ha crecido y que se - incrementará aún más a mediano plazo, se podría decir que el gasto de 1050 l/seg es adecuado. Pero este argumento se contradice con las condiciones que imperan actualmente en el Distrito. Desde - -

hace tiempo se suponía que dado que uno de los parámetros de cobro es el gasto (Q), las industrias tomarían medidas y harían estudios de ahorro en el consumo de agua a fin de disminuir sus aportaciones de aguas residuales y reducir sus cuotas. Actualmente (1983) se trabaja en la planta con 250 l/seg en promedio, los gastos máximos entre semana y por la noche son de 350 l/seg, bajando considerablemente a 100 l/s los fines de semana.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.

5.1.- El tren de procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales de Toluca-Lerma, que se muestra en la Figura 5.2, está constituido por las unidades que a continuación se describen:

- PRETRATAMIENTO (Rejillas, Desarenador-Desengrasador)
- FLOCULACION QUIMICA
- SEDIMENTACION PRIMARIA
- TRATAMIENTO BIOLOGICO
- CLARIFICADORES SECUNDARIOS
- DISTRIBUIDOR DE CAUDALES
- CLORACION
- TRATAMIENTO DE LODOS

El diagrama de flujo de la Figura 5.2, indica la secuencia del tren de procesos de la planta de tratamiento. Así mismo, se presentan las características de cada proceso y su dimensionamiento, - tiempos de retención y detalles importantes del equipo instalado.

5.2.- PRIMERA ESTACION DE ELEVACION DE AGUAS RESIDUALES.

Está situada a continuación de la derivación y precedida de un sistema de rejillas de limpieza manual para proteger el equipo de esta estación. Consta de dos bombas de tornillo dotadas de sus respectivos motores y cajas de trasmisión reduccion. Tienen capacidad de elevación de 2.50 mts. para un caudal óptimo de 3,960 m³/hr. cada una.

CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS:

DIAMETRO DE CARACOL -----	2.0 m.m.
VELOCIDAD -----	31 R.P.M.
RENDIMIENTO -----	80.6
NUMERO DE PASOS -----	3
ANGULO DE ELEVACION -----	330
CAUDAL OPTIMO -----	3960 m ³ /hr

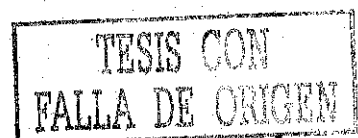
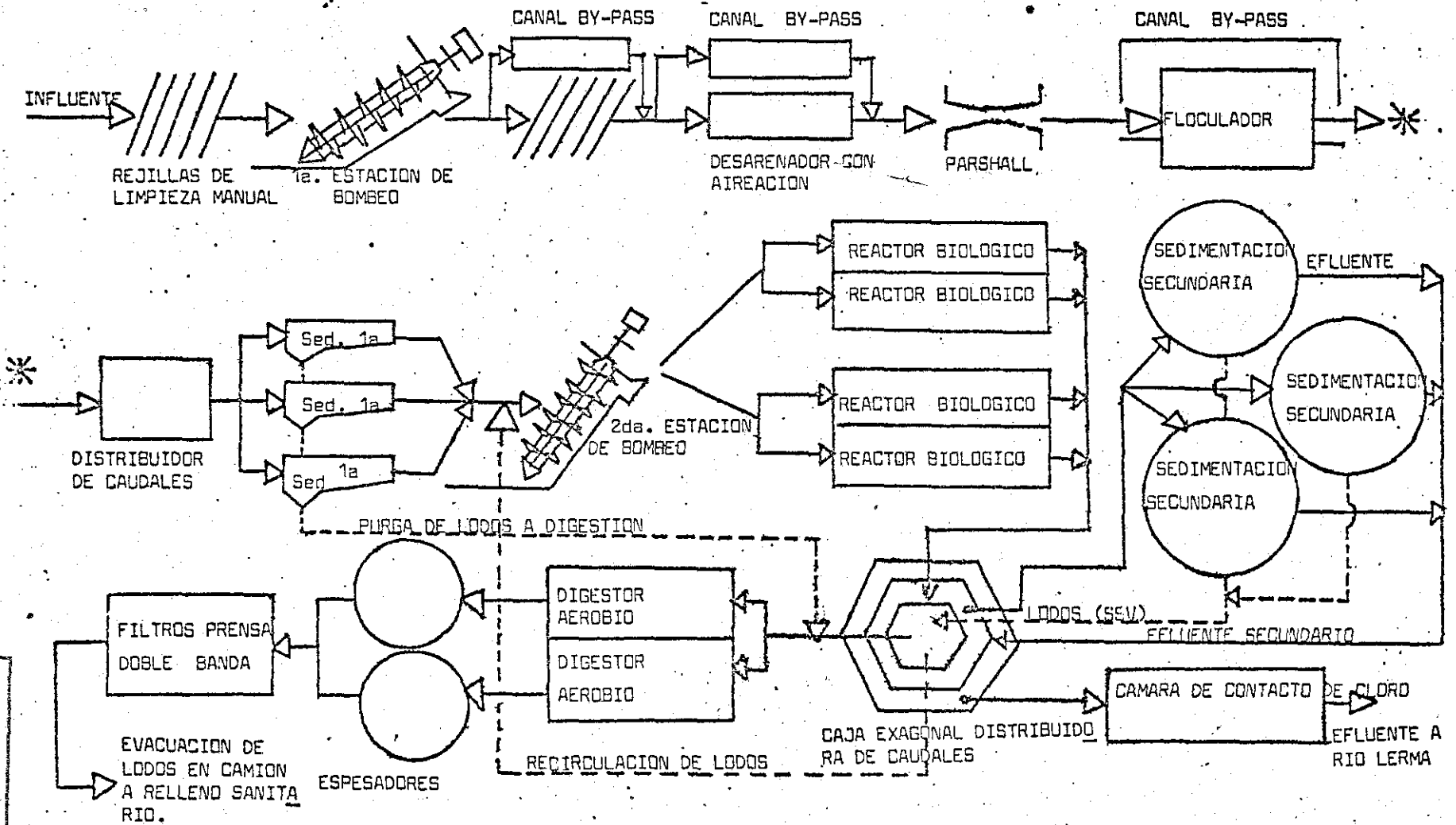


FIGURA 5.2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA REGIONAL LERMA-TOLUCA



13-A

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

La existencia de dos bombas en paralelo, permite una reserva del 100% para el caudal medio, en caso de averías, mantenimiento, -- etc., siempre habrá una bomba en servicio, la otra será de reser va.

5.3.- PRETRATAMIENTO.

R E J I L L A S.

En el sistema regional Toluca-Lerma, se instalaron rejillas de - limpieza mecánica, por medio de rastrillo automático. Tienen por objeto eliminar de las aguas residuales todos los objetos gran-- des como animales muertos, troncos, botellas de plástico y sólidos mayores que podrían dañar o taponar el equipo mecánico insta lado en la planta. Así mismo se instaló un canal de By pass para desviar el agua cuando sea necesario hacer reparaciones al equi-- po mecánico. En el canal by pass se instalaron rejillas de lim-- pieza manual.

CANAL DESARENADOR.

tiene por objeto separar la arena, el termino engloba a las are-- nas propiamente dichas, a la grava y a cualquier otro material - que tenga velocidad de sedimentación o peso específico superior a la de los sólidos putresibles del agua residual. En el canal-- desarenador se instaló admeás un dispositivo de aeración y sepa-- ración de grasas y aceites. Se instaló también un canal de - - by pass paralelo para desviar el agua cuando sea necesario.

MEDIDOR DE CAUDAL TIPO VENTURI.

Inmediatamente después del canal desarenador, en el canal de - conexión entre el desarenador y la floculación química, se en-- cuentra situado el dispositivo de medida continua de caudales.

El dispositivo de medida del sistema regional de Toluca-Lerma, es un sistema venturi en canal abierto y dispone de un sistema de indicación instantánea en la instalación y de otro continuo en los paneles de control general de la planta.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

5.4.- FLOCULACION QUIMICA.

Las siguientes consideraciones se consideraron de peso y se tomaron como base para la implantación de éste proceso:

- a).- Eliminación de las sustancias finas y coloidales en suspensión en las aguas residuales influentes del sistema Toluca- Lerma - - (materias como colotantes, productos quimicos, determinados metales, etc.) que de no eliminarse dificultan e inhiben el proceso biológico.

- b).- Estabilización del pH de las aguas a tratar, el pH en el influente tiene un rango de viariación de 5.5. a 8.5 y se debe estabilizar a 8.2 ya que de acuerdo a datos que reportan en la memoria de cálculo, este valor favorece y aumenta el rendimiento de todos los procesos posteriores, principalmente del biológico en los reactores y en la digestión aerobia.

- c).- La eficiencia del tratamiento primario, aumenta, y de acuerdo a la memoria de cálculo referencia (1) se espeta con la floculación pasar en la eliminación de DBO_5 en el sedimentador primario del 25% normal al máximo de 40%, que reportan obtuvieron en resultados experimentales.
 En éste proceso se instalo también un canal de by pass para desviar el agua.

CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES DEL TANQUE FLOCULADOR

Tiempo de retención Q medio -----	20 min.
Caudal medio -----	2820 m ³ / hr.
Volúmen útil -----	800 m ³
Superficie -----	15.15 m ²
Profundidad útil -----	4 m.
Aerador superficial -----	Tipo 10 H1 con pantallas Anti-Vértice.
Diámetro del aerador -----	3 m.
Consumo -----	40 W/m ³
Potencial útil -----	32 Kw.
Potencia instalada -----	37 Kw.
Aporte de oxígeno -----	90 Kg/hr.

5.5.- SEDIMENTACION PRIMARIA.

El tratamiento primario de las aguas residuales tiene por objeto remover los sólidos sedimentables, la mayoría de los sólidos sedimentables, la mayoría de los sólidos discretos -- suspendidos y flotantes, reduce en un 25% o más la DBO y elimina grasas y aceites. En el caso del sistema Toluca-Lerma, gran parte de las grasas se eliminan en el pretratamiento, exactamente en el desarenador aerado, por lo que en la sedimentación primaria las grasas que existan se eliminarán por medio del sistema de rastras.

CARACTERISTICAS DE LA SEDIMENTACION PRIMARIA

Tipo de tanque -----	Longitud.
Número de tanques -----	3 unidades
Anchura -----	10 mts.
Longitud -----	52.50 mts.
Profundidad media -----	2.50 mts.
Superficie -----	Q medio 1.6/hora Q máx. 2.4 m/hora
Tiempo de retención -----	Q medio = 1.5 hrs. Q max. = 1.0 hrs.
Número de tolvas -----	2 tolvas/tanque

5.6.- SEGUNDA ESTACION DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES.

Los efluentes de los tanques de sedimentación primaria, se juntan a la entrada de esta estación. En esta cámara de carga, se adicionan los lodos de recirculación procedentes de la sedimentación secundaria.

Esta estación eleva, la mezcla de aguas residuales tratadas ríscicamente y el lodo activado de recirculación.

los caudales se elvan con dos bombas de tornillo y la estación se completa con una bomba más de reserva.

Caudales a elevar de aguas residuales:

Q medio = 2250 m³/hr

Q máximo = 3780 m³/hr

Caudal de recirculación: Q recirculación = 2000 m³/hora

Caudal de cálculo = Q máximo + Q recirculación

3780 + 2000 = 5780 m³/ hora

CARACTERISTICAS DE LA 2a. ESTACION DE BOMBEO

Número de bombas -----	3 bombas
Diametro -----	2.0 mm.
Velocidad -----	30.2 R.P.M.
Rendimiento -----	80%
Numero de pasos -----	3
Angulo de elevación -----	33°
Caudal maximo -----	2880 m ³ / hora cada bomba, en la estación funcionan 2 y una sera de reserva.

5.7.- REACTOR BIOLÓGICO.

El objeto de éste proceso es estabilizar la materia orgánica, - expresada como DBO₅. la materia biodegradable que contienen las aguas residuales constituyen la alimentación requerida para que las bacterias presentes en el reactor se desarrollen. En el sistema regional Toluca-Lerma el tipo de proceso usado es el de lodos activados convencional.

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION DEL PROCESO BIOLÓGICO

Concentración de DBO ₅ -----	787 mg/l
Cantidad de DBO ₅ (carga orgánica) -----	1.5 Kg DBO ₅ /m ³ día
Tiempo de Retención. -----	Q medio = 8 horas Q máximo = 5.33 hrs.
no. de aeradores -----	24 unidades
Volúmen por aerador -----	840 m ³
Longitud -----	90.00 m.
Ancho -----	15.00 m.
Número de Tanques -----	4 unidades.
Volúmen por tanque -----	5036 m ³
Profundidad útil -----	3.75 m.
Necesidad de oxígeno (media) -----	1.2 Kg. O ₂ /Kg DBO ₅
(máximo) -----	1.5 Kg. O ₂ /Kg DBO ₅
Suministro de oxígeno -----	43700 Kg. O ₂ /día
Suministro de oxígeno máximo -----	54900 Kg O ₂ día

Se tiene en cuenta la situación geográfica de la Planta depuradora consiguiendo la eficiencia en el aporte de oxígeno en un - 20% (altitud sobre el nivel del mar).

Aporte de oxígeno por aerador	-----	76 Kg O ₂ /hora/aerador
Aporte de oxígeno por aerador (Máx.)	-----	94 Kg O ₂ /hora/aerador
Potencia consumida	-----	30 Kw/h/aerador
Potencia instalada	-----	37 Kw/ aerador
Compuertas giratorias	-----	2 Unidades/tanque
Longitud de vertido	-----	3 mts /compuerta
Variación de altura	-----	25 cts.

5.8.- DISTRIBUCION DE CAUDALES.

El efluente de la aeración se conduce mediante una conducción al distribuidor de caudales. Este elemento se compone de tres anillos exagonales concentricos. El intermedio recibe el efluente de la - aeración y por medio de conducciones cerradas, lo distribuye a los sedimentadores, o post-clarificadores. Estas conducciones tienen situada en cabeza unas válvulas de cierre.

El anillo exterior recibe las canales del efluente de los post-clarificadores y los envía a la cloración.

Por último, el anillo interior constituye la cámara final del - sifon de extracción de lodos activados y ésta comunicando con - la estación de bombeo de lodos activados en exceso y, por otra parte, es la cámara de carga de la línea de recirculación de - lodos activados.

Este elemento reúne de forma muy compacta todos los circuitos - hidráulicos del tratamiento biológico, lo que simplifica y - economiza el control y la operación del mismo.

5.9.- SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

El objeto de este proceso es separar del efluente del reactor biológico los microorganismos (SSV) que vienen mezclados con - el agua residual. Esta mezcla llega desde el distribuidor por

conducción cerrada a pozos centrales de cada tanque secundario de sedimentación. El agua clarificada fluye a través de dos -- vertederos situados en el contorno exterior del tanque y diseño de modo que detengan los lodos flotantes que pueda haber.

CARACTERISTICAS DE LA SEDIMENTACION SECUNDARIA

Número de toberas	-----	12/tanque
Diámetro de toberas	-----	300 m m.
Velocidad de salida	-----	Q medio= 0.5m/seg. Q Máx. 0.85 m/seg.
Número de tanques	-----	3 unidades.
Diámetro	-----	40 mts.
Superficie	-----	1250 m ² / tanque
Superficie total	-----	3750 m ²
Profundidad Util	-----	2,50 m.
Volúmen	-----	3125 m ³ / tanque
Volúmen total	-----	9375 m ³
Tiempo de retención (sin caudal de recirculación)		Q medio = 3.72 hr. Q Máx. = 2.48 hr. Q Medio = 0.672m/hr Q máx. = 1.008 m/hr
Contenido de materia seca en el lodo activado		8 g/l
Proporción recirculación	-----	80%
Caudal Recirculación	-----	2016 m ³ /hr.

5.10.- RECIRCULACION Y PURGA DE LODOS ACTIVADOS.

Los lodos activados obtenidos en el post-clarificador se recirculan desde el distribuidor de caudales a la estación de bombeo previa a la aeración elevandose ya mezclados con las -- aguas tratadas hasta ese punto.

La línea de recirculación funciona por gravedad en conduccio-- nes cerradas.

Caudal de recirculación q medio =2000 m³/ hora.

La purga de lodos activados en exceso (2 600 m³/ día) Se efectúa por bombeo desde una cámara ajena al distribuidor, hasta los tanques de estabilización de lodos el periodo de purga son 10 horas diarias.

LAS CARACTERISTICAS DE ESTA INSTALACION SON:

Número de Bombas	-----	2 unidades
Caudal por bomba	-----	3.35 m.c.a.
Potencia consumida	-----	5.5 Kw
Potencia instalada	-----	7.5 Kw
Velocidad Teórica	-----	1000 R.P.M.
Caudal por Bomba	-----	260 m ³ /hr

La estación dispone de unos reguladores de nivel para paró y alarma en caso de descenso excesivo de nivel.

5.11.- CAMARA DE CONTACTO DE CLORO.

El cloro tiene la misión de eliminar los microorganismos patógenos, así pues al oxidar, como desinfectante. Su efectividad como desinfectante y oxidante depende de:

- Dosificación óptima de cloro.
- Tiempo de retención en la cámara de cloración.
- Grado de dilución del cloro.
- Temperatura .
- pH del agua en tratamiento.

CARACTERISTICAS DE LA CAMARA DE CONTACTO

Tiempo de retención Q medio	-----	0.5 hr.
Volúmen útil	-----	1260 m ³
Superficie	-----	15.30 m ²
Profundidad	-----	2.8 mts

Se emplea un sistema de cloración por vacío, el cual actúa de manera indirecta. La dosificación de gas cloro se efectúa a través de una tubería Tipo V, que permite regulabilidad y exactitud.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CARACTERISTICAS DEL DOSIFICADOR.

Dosificación -----	Q Máx = 10 mg/l
	Q Media= 15 mg/l
Tamaño inyector -----	2"
Presión agua servicio -----	1 bar
Capacidad del clorador -----	0.2 - 40 Kg cloro/día
Caudal agua servicio -----	15 m ³ /hora
Número de tanques de gas cloro -----	8 unidades
Capacidad tanque -----	1000 Kg cl ₂

5.12.- TRATAMIENTO DE LODOS.

Estabilización de lodos.

El propósito de la digestión de lodos en el sistema regional de Toluca es estabilizar el lodo crudo mediante la descomposición de la materia orgánica putrescible transformándola en compuestos orgánicos e Inorgánicos inertes, haciéndola más aceptable para su descomposición final. Para evitar los olores, gases, etc, que la fermentación anaerobica ocasionaría, se eligió el proceso aerobio.

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION DE DIGESTION AEROBIA

Tiempo de retención -----	2 días
Volúmen -----	2600 m ³ / tanque
Número de tanques -----	2 unidades
Tipo de aeración -----	Aeradores de superf.
Número de aeradores -----	4 Aeradores
Demanda de Oxígeno -----	0.08 Kg O ₂ /Kg masa seca.
Contenido de materia seca -----	2 1000 kg/día
Demanda total O ₂ -----	1700 KgO ₂ / hr
Tipo Aerador -----	T y P 10 SL
Diámetro -----	175 Kg O ₂ / hora
Consumo -----	85 Kw/ aerador
Potencia Instalada -----	90 Kw/ aerador
Tanques (tipo) -----	Rectangulares
Longitud -----	36 m.
Profundidad -----	4.37 m

5.13.- ESPESAMIENTO DE LODOS.

El espesamiento de lodos del sistema regional Lerma-Toluca se produce por gravedad y floculación.

Los lodos primarios, (en caso de estar estabilizados), procedentes de la estación de bombeo y los lodos estabilizados del tratamiento biológico se reúnen en una cámara de carga para su bombeo al tanque de espesamiento.

En la digestión, se logra una reducción de materia sólida de aproximadamente el 30%. Posteriormente el lodo estabilizado se bombea al espesador situado a continuación para su concentración.

CARACTERISTICAS DEL ESPESAMIENTO.

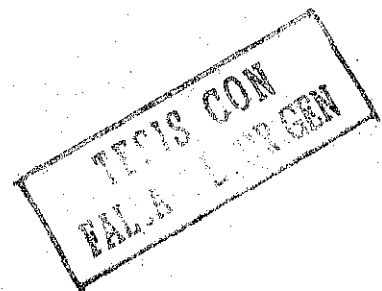
Número de tanques	-----	2 unidades
Diámetro	-----	18 m.
Superficie	-----	510 m ²
Profundidad	-----	4 m.
Volúmen	-----	2036 m ³
Tiempo de retención	-----	0.6 días = 14 horas

5.14.- TRATAMIENTO FINAL DE LODOS.

Consiste en el tratamiento mecánico de los lodos del sistema regional Lerma-Toluca para su deshidratación, de modo que se tengan más concentraciones sólidas finales que faciliten su manejo.

El tratamiento final de los lodos, se presenta en la memoria de cálculo del sistema regional Lerma-Toluca, como adicional, y se concreta a definir tres alternativas que el contralista propuso y que son:

- 1) Filtros prensa de doble banda.
- 2) Centrifugado .
- 3) Filtros de vacío.



En una visita que se realizó a la Planta del Sistema Regional Toluca-Lerma, y a través de información verbal obtenida del Residente - de Obra por parte de la Dirección General de Usos del Agua y Preven ción de la Contaminación, se supo que la alternativa elegida fué la instalación de filtros prensa de doble banda.

Sin embargo ni en la mencionada Dirección ni en la Obra del Distrito de Control pudieron facilitar las características de los fil-- tros para elaborar éste trabajo, tampoco aparecen en las memorias - de Cálculo del Distrito ya que parece ser que la alternativa fué -- objeto de un contrato adicional.

VI.- REVISIUN DE LAS UNIDADES DEL TREN DE PROCESUS DE TRATAMIENTO.

b.1.- Las dimensiones y características de las unidades de tratamiento de la planta del sistema regional Toluca-Lerma, fueron tomadas del proyecto ejecutivo elaborado por la empresa Española - Daniel García Buñol, sin embargo en la documentación de dicho proyecto no se encontró información respecto a los cálculos efectuados para dicho diseño.

A continuación se expone una revisión y evaluación de las principales unidades del sistema de tratamiento, realizadas por el autor de éste trabajo.

Es conveniente mencionar que la planta fué diseñada para un gasto medio de 700 l/s. y un caudal máximo de 1050 l/s para absorber picos durante 3.0 hr.

Sin embargo, debido a estudios realizados por los propios industriales para óptimizar el uso interno del agua en sus procesos y reducir el gasto de sus descargas para disminuir sus cuotas -- por concepto de tratamiento, el gasto influente actual (1983) a la planta es de orden de 250 l/s de lunes a viernes durante el día, por la noche se incrementa a 350 l/s.

Debido a esto, se están captando aproximadamente 100 l/s de los escurrimientos del río Lerma y se tienen pláticas con el municipio de Toluca para incorporar al sistema de tratamiento 100 l/s de aguas residuales municipales.

Dichas medidas se tomaron, con objeto de obtener un gasto adecuado además de incrementar la cantidad de bacterias, nutrientes y reducir por dilución las concentraciones de metales pesados y -- substancias tóxicas en el influente.

6.2.- En el tren de procesos de la Planta de tratamiento de aguas Residuales del Sistema Lerma-Toluca, cada proceso remueve determinados contaminantes que pueden medirse análiticamente por medio de los parámetros de calidad del agua (DBO, SSe, etc.) es decir tiene su propia eficiencia.

La eficiencia puede definirse como la remoción o estabilización del residuo o parámetro y se expresa porcentualmente.

Así pues la eficiencia se define del siguiente modo:

$$E = \frac{S_o - S_e}{S_o} (100)$$

donde: E= eficiencia de la estabilización del residuo, expresada porcentualmente.

S_o =Concentración del residuo, en el flujo entrante.

S_e =Concentración del residuo entrante no degradado ó removido. en el proceso.

Así mismo es importante evaluar cada proceso por separado ya que cada uno remueve diferentes contaminantes, requiere así mismo de una operación adecuada y mantenimiento. Además de un costo de inversión que puede ser elevado dependiendo de lo complejo del proceso en particular.

En el presente trabajo se evalúa cada proceso desde el punto de vista de remoción de los contaminantes para el cual fué diseñado dicho proceso, se revisan también los tiempos de retención, con relación a las recomendaciones de algunos autores e investigadores y se toca brevemente la remoción involuntaria de algunos parámetros en determinado proceso que no fué diseñado exactamente para remover esos parámetros.

6.3 P R E T R A T A M I E N T O.

El pretratamiento consta como se vió anteriormente de rejillas de lim pieza automática y canal desarenador- desengrasador.

R E J I L L A S.

En el Sistema de rejillas se considera que la eficiencia será del 100% si es operado adecuadamente, ya que el accionamiento de la máquina es automático completamente mediante un regulador de tiempo se puede ajustar a un período de tiempo conveniente, cuenta además con un dispositivo de alarma que tiene por objeto avisar cuando las obstrucciones han bloqueado el mecanismo y un canal de desvío (by-Pass) dispuesto con rejillas de limpieza manual y compuertas de entrada y cierre para su puesta en servicio.

Es el sistema de rejillas, lo que no es muy usual en México es la limpieza automática y el Sistema de alarma por otra parte son innovaciones que ayudan a operar el proceso con alto grado de seguridad de ahí que la eficiencia removiendo material sólido sea muy alta.

CANAL DESARENADOR - DESENGRASADOR

Para el diseño del desarenador se tomo en cuenta la sección de paso para controlar la velocidad de arrastre y que no rebase 20 cm/seg para Q -máximo, tiene además un dispositivo para aireación y separación de grasas, la aireación permite además controlar la velocidad de flujo de modo que la arena no sea arrastrada fuera del Canal y que tampoco permita si es pequeña que la materia orgánica sedimente junto con la arena, si en la operación se obtiene el debido ajuste se obtendrá una eliminación de arena de 90% - ó más y la arena deberá quedar bien lavada. El tiempo de retención se fijo de 3 minutos a carga máxima, ésto es importante ya que está junto con la velocidad que se puede controlar fácilmente con dispositivo de aireación y la sección de paso coinciden con las recomendaciones que para desarenadores aireados hace Metcalf-eddy. (2).

Este tipo de canales desarenadores aireados, es poco usual en nuestro medio, los más usuales son las cámaras simples, de flujo horizontal. De hecho desde mi punto de vista personal no se justifica este tipo de desarenador sofisticado resultado de la tecnología importada de otros países con condiciones características diferentes a nuestro País. Los objetivos que se pretenden alcanzar aireando el agua residual antes de la sedimentación primaria son: Mejorar su tratabilidad, incrementar la separación de grasas, tener un mayor grado de control en los olores, eliminar arenas, conseguir una distribución de sólidos suspendidos y flotantes uniforme para su entrada a las unidades de tratamiento y aumentar la eliminación de DBO. Sin embargo es conveniente mencionar que con el tiempo de retención de 3 minutos en el canal aireado, la eliminación de DBO no es notable, se requieren tiempos mayores.

A mi juicio creo, que para el medio en México siguió siendo la mejor solución los canales de flujo horizontal ya que las razones anteriores no son de peso suficiente para justificar la preaireación, además se tiene en éstos canales alto grado de eficiencia y las grasas se podrían remover como se hace convencionalmente aquí en México en los tanques de sedimentación primaria por medio del Sistema de rastras. Creo que la preaireación incrementa los costos de inversión de este proceso y además requiere de presupuesto adicional para operación y mantenimiento.

Sin embargo la aireación incrementa el proceso de flotación por lo tanto la eficiencia en eliminación de grasas debe ser de casi 75% que sumados a la eficiencia en la remoción de arena hacen de éste proceso uno de los más eficientes en la planta.

La siguiente tabla que elaboré, muestra los parámetros o contaminantes que se quiere eliminar con el pretratamiento en el Sistema Regional Lerma-Toluca, su concentración influente, la fase del proceso que los elimina, % de eficiencia y la característica del influente (concentración) después del proceso:

Parámetro	Concentración	Proceso	%eficiencia	Concentración efluente
Sólidos grandes, animales muertos, botellas, troncos, etc.	VARIABLE	REJILLAS	100	LIBRE DE ESTOS MATERIALES
Arena, grava, etc.	VARIABLE	DESARENADOR	95-100	LIBRE
Grasas y Aceites	150 mg/l	DESARENADOR	70	45 mg/l

Con respecto a los otros parámetros que entran al proceso (pH, DBO_5 , SST, SSe, Metales pesados, sustancias tóxicas, etc.) no sufren modificación alguna y aparecen en el efluente del pretratamiento con la misma concentración inicial que entraron a este proceso, el único parámetro físico que puede decrecer en caso de ser elevado es la temperatura debido al tiempo de retención, velocidad, etc.

6.4.- FLOCULACION QUIMICA.

Este proceso no es muy usual, en el tratamiento del agua residual, sin embargo su uso es beneficioso para acondicionar aguas industriales, como es el caso del Sistema Lerma-Toluca. Este proceso es importante si se quiere aumentar la eliminación de sólidos y la DBO en los tanques de sedimentación primaria, la floculación combinada con el tratamiento biológico, tiene un efecto importante en el rendimiento de éste último, ya que alcanza mayor grado de depuración, que el tratamiento biológico solo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De acuerdo a los datos de diseño para este proceso (ver capítulo V) el tiempo de retención para gasto medio $t_r=20$ minutos, el aerador lento permite la formación de floculos de gran tamaño limitando la velocidad periférica a 8 m/seg. evitando la rotura de floculos y el aporte de oxígeno - ayudaría a su flotación.

Lo anterior, a mi juicio sólo es teórico ya que en el floculador no se instaló un mezclador sino un aerador de tipo 10H1. Este aerador superficial - incluye unas pantallas anti-vértice situadas en el fondo del tanque, que -- favorecen al mismo tiempo la remoción total de las aguas del tanque. Este aerador induce la formación de mezcla rápida que permitirá que al dosificar H_2SO_4 y NaOH el mezclado sea instantáneo en el tanque.

Por lo anterior y después de observar su funcionamiento en la planta, se pudo comprobar lo que era lógico deducir, en el tanque de floculación debido a mezclado rápido no hay formación de floculos, por lo tanto esa unidad del proceso se reduce a un mezclador rápido.

Es importante mencionar que la estabilización del pH en esa Unidad no se ajusta automáticamente, el tanque tiene instalado un sensor que permite que -instantáneamente en un medidor de pH se registre la lectura en una pantalla digital, de éste modo el operador de la planta después de leer la - pantalla, necesita poner en marcha las bombas dosificadoras estar observando la lectura que se registra en la pantalla digital para ajusta el pH al valor deseado. Si el indicador marca pH ácido, se adicionará NaOH poco a poco observando al mismo tiempo la pantalla digital hasta estabilizar el pH a 8.2 ya que ese valor es el que recomiendan en el proyecto ejecutivo para el proceso biológico, de acuerdo a las memorias del proyecto favorece y aumenta el rendimiento de todos los procesos principalmente el biológico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De acuerdo a la memoria de cálculo, la adición de SO_4 y polielectrolitos en el floculador, se hará para favorecer la formación de floculos y promover la precipitación de metales traza contenidos en el influente (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Pb, Se, etc.) con el fin de obtener una buena eficiencia en el tratamiento biológico e incrementar la eficiencia en el clarificador primario.

De acuerdo a esto, teóricamente se calcula la remoción en el floculador teniendo también como referencia la tabla 6.1 de la referencia (4).

PARAMETRO	CONCENTRACION	% EFICIENCIA	CONCENTRACION EFLUENTE (mg/l)
pH	5.5 - 8.5	100	8.2
As	5.0	10	4.5
Cd	0.05	94.5	0.01
Cr	5.0	11	4.45
Hg	0.01	10	0.009
Se	0.05	16.2	0.01
Bb	8.0	97	0.15
Ba	2.0	—	< 2.0
Ba	5.0	—	< 5.0

Para las concentraciones de boro y bario no se tienen datos confiables para evaluar su remoción. Estas concentraciones pueden ocasionar problemas en el proceso biológico, es importante mencionar que las concentraciones influentes son de diseño y por tanto la variación real no es constante y tiene variaciones que se supone debido a que son reales deben ser más pequeñas que los valores anteriores. Las concentraciones influentes a la planta analizadas en el laboratorio de CEAS son para bario - igual a 0.02 mg/l y boro igual a 0.52 mg/l (ver cap. II)

La Tabla 6.1, de la referencia (4), muestra la remoción de contaminantes presentes en aguas residuales por procesos químicos en los que se involucra la adición de coagulantes.

Tabla 6.1

PORCIENTO DE REMOCION DE CONTAMINANTES CONTENIDOS EN
AGUAS RESIDUALES POR PROCESOS QUIMICOS (1)

Contaminante	Coagulante dosis mg/l	Remoción %)
DBO	Cloruro de fierro (170)	90 (2)
Sólidos suspendidos	Cloruro de fierro (170)	95 (2)
Fósforo	Cal (7)	95-98 (3)
Antimonio	Cal (7)	90 (4)
Arsénico	Cal (7)	10 (4)
Cadmio	Cal (7)	94.5 (4)
Cromo (+6)	Cal (7)	11 (4)
Cromo (+3)	Cal (7)	99.9 (4)
Cobre	Cal (7)	99 (4)
Oro	Cal (7)	90 (4)
Fierro	Cal (7)	40 - 99 (4)
Plomo	Cal (7)	97 (4)
Manganeso	Cal (7)	96 (4)
Mercurio	Cal (7)	10 (4)
Molibdeno	Cal (7)	18 (4)
Níquel	Cal (7)	99.9 (4)
Selenio	Cal (7)	16.2 (4)
Plata	Cal (7)	97 (4)
Telurio	Cal (7)	90 (4)
Titanio	Cal (7)	90 (4)
Zinc	Cal (7)	90 (4)
Patógenos		
. Virus	Alumbre (25)	99.9 (5)
. Virus	Cloruro férrico (50)	99.4 (5)
. Virus	Alumbre (18) y polielectrolito B (1)	99.2 (5)
. Poliovirus	Cal (200)	92.3 (6)
. Polivirus	Cal (500)	99.86(6)

(1) "Contaminants Associated with Direct an Indirect Reuse of Municipal" Wastewater" U.S. Environmental Protection Agency. March, 1978.

(2) Larger, J.A. Smith, W.G "Urban Stormwater Management and Technology. An Assesmen "December, 1974.

Fuente: Referencia (4)

De acuerdo a comentarios con los encargados de operar la planta las aguas registran un pH ácido generalmente, y la lectura en la pantalla registra un valor de 5.5 en promedio, por lo que generalmente adicionan NaOH. Esto incrementa los costos de operación, al respecto están considerando, motivar a los industriales a descargar sus aguas dentro de un rango que fijen los administradores y operadores de la planta a fin de reducir los costos de reactivos para ajustar el pH o quizás incluirlo dentro de los parámetros de cobro.

Por otro lado la operación de este tanque no será un proceso continuo, ya que de acuerdo a las mediciones y lecturas que se registren, se definirán las horas críticas en que sea necesario estabilizar el pH.

De acuerdo a lo analizado, el tanque floculador solo servirá para ajustar el pH en la forma que se resume a continuación:

Parámetro	Concentración	% Eficiencia	Concentración EFLUENTE
pH	5.5 - 8.5	100	8.2

Es posible que de acuerdo a la geometría del tanque se presenten cortos circuitos en las esquinas del mismo y de acuerdo al aerador que está instalado en el centro del mismo, el área de influencia para el mezclado sea solamente circular, quedando fuera de esa influencia las esquinas. De acuerdo a lo anterior lo más idóneo para ese proceso era un tanque circular diseñado para el mismo volumen.

La floculación química del Sistema Regional Toluca-Lerma, representa un tratamiento parcial, que se necesita en el sistema, pero su combinación con el proceso biológico aumenta la eficiencia de este último y del tratamiento primario. Por otra parte, la DBO_5 y los sólidos saldrán en el efluente sin variación en su concentración.

6.5.- SEDIMENTACION PRIMARIA:

El objeto de la sedimentación primaria del Sistema Regional Lerma-Toluca, es reducir los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos totales, reducir la DBO_5 y las grasas y aceites que no se eliminan en el canal desarenador.

Los coeficientes de reducción de la contaminación en ésta fase para los parámetros más importantes son los siguientes:

REDUCCION DE SSe ----- 98-100%

REDUCCION DE SST ----- 50-70 %

REDUCCION DE DBO_5 ----- 25-40 %

Considerando las dimensiones que se establecieron para la sedimentación primaria, el tiempo de retención hidráulico sería:

Volúmen de los tanques sedimentadores = $L \times W \times H = 52.5 \text{ m} \times 10.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 1,312.5 \text{ m}^3 / \text{tanque}.$

Número de tanques = 3

Volúmen total disponible = $1,312.5 \text{ m}^3 \times 3 = 3,937.5 \text{ m}^3$

Tiempo de retención hidráulico = V_T / Q_T

Q_m (diseño) = 700 l/s

Q_m (actual) = 250 l/s

T_r (diseño) = $3,937.5 \text{ m}^3 / (0.700 \text{ m}^3/\text{s} \times 86,400 \text{ s/d}) = 0.065 \text{ d}.$

$T_r = 1.56 \text{ hr}.$

De acuerdo al tiempo de retención en la sedimentación primaria del Sistema Lerma-Toluca, que es de 1.56 horas para Q medio, este valor está dentro del rango que aconsejan los autores de la referencia (3), que recomiendan tiempos de 90 a 150 minutos para el caudal medio de agua residual.

T_R (actual) = $3,937.5 \text{ m}^3 / 0.250 \text{ m}^3/\text{s} \times 86,400 \text{ s/d} = 0.18 \text{ d}.$

$T_R = 4.4 \text{ hr}.$

De acuerdo a la literatura técnica (2 y 3) consultada, el tiempo de retención hidráulico actual resulta muy alto, por lo que se puede tener una sedimentación considerable de materia orgánica, lo cual es indeseable. A fin de no exceder incesantemente el tiempo de retención en este proceso se recomienda usar solamente uno de los sedimentadores, quedando dos de reserva, que podrían usarse cuando se incrementará el gasto o hicieran reparaciones a alguna de las unidades en servicio. Con esto se tendría el siguiente tiempo de retención hidráulico:

$$\text{Volúmen de un sedimentador} = 1,312.5 \text{ m}^3$$

$$T_R (\text{actual}) = 1,312.5 \text{ m}^3 / (0.250 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,600 \text{ s/h}) = 1.46 \text{ h.}$$

De ese modo, el tiempo de retención queda dentro de los límites recomendados y se cuenta con dos unidades de reserva para el caudal futuro y posibles reparaciones.

Por otra parte, en las bases de diseño se consideró una concentración máxima de 2 ml/l de sólidos sedimentables, y los análisis hechos en el laboratorio de la planta demuestran que la concentración promedio de ese parámetro es de 11.0 ml/l (ver capítulos II y IV).

De acuerdo a las recomendaciones la literatura técnica (6) que se consultó, se considera un contenido de humedad en los lodos de 95%, por lo que el volúmen de lodos esperado será de:

$$\text{Datos de diseño: } Q = 700 \text{ l/s} = 60,480 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$SS_e = 2 \text{ ml/l}$$

Considerando un período máximo de almacenamiento de lodos de 3-hr. semejante al que determinaron los operadores de la planta se tiene:

$$M_L = 60,480 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{2.0 \text{ ml}}{\text{l}} \times \frac{3 \text{ hr}}{24 \text{ hr/d}} \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{Kg}}{10^3 \text{ ml}} \times \frac{100}{5\%} =$$

$$M_L = 302,400 \text{ Kg. de lodos}$$

$$\text{Densidad de lodos} \approx 1000 \text{ Kg/m}^3 \text{ (considerando 95\% de humedad)}$$

$$V_L = 302,400 \text{ Kg} / (1000 \text{ Kg/m}^3) = 302.4 \text{ m}^3$$

Condiciones Reales: $Q = 250 \text{ l/s} = 21,600 \text{ m}^3/\text{d}$

$$SS_e = 11.0 \text{ ml/l}$$

Considerando un período máximo de almacenamiento de 3 horas y el gasto actual de 250 l/s, se tiene:

$$W_L = 21,600 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 11.0 \frac{\text{ml}}{\text{l}} \times \frac{3 \text{ hr}}{24 \text{ hr/d}} \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{Kg}}{10^3 \text{ ml}} \times \frac{100}{5\%} =$$

$$W_L = 594,000 \text{ Kg. de lodos}$$

$$\text{Densidad de lodos} = 1000 \text{ Kg/ m}^3$$

$$V_L = 594,000 \text{ Kg} / (1000 \text{ Kg/ m}^3) = 594 \text{ m}^3$$

De lo anterior, se deduce que para un gasto menor que el de diseño y considerando la concentración real de sólidos sedimentables en el influente, el volumen de lodos para un período de 3 horas excede en aproximadamente 200% la consideración de diseño. Dado que la planta ya está construida y las tolvas fueron diseñadas para una capacidad menor que la requerida, lo más conveniente es considerar períodos máximos de almacenamiento de lodos en las tolvas más cortos, determinando en la planta las horas y el número de períodos diarios en que sea necesario purgar los lodos.

El objeto de la sedimentación primaria ya se explicó anteriormente, sin embargo algunos estudios han demostrado que durante este proceso tiene lugar la remoción de algunos contaminantes (en forma parcial) para los cuales no fué diseñado el proceso, ésto viene ayudar a la depuración de las aguas residuales en un sistema en general y facilita la remoción en otros procesos debido a que las concentraciones de esos contaminantes que se remueven parcialmente en forma involuntaria decrecen. Este tipo de remociones de ciertos contaminantes tales como: Cobre, Zinc, Niquel, Plomo, Arsénico, Cadmio, Cromo, y microorganismos patógenos, no ha sido bien estudiada aún, prueba de ello es que las

concentraciones de algunos de ellos se han incrementado durante el tratamiento primario (sólo e algunos casos) sin que exista explicación respecto a ese incremento.

La tabla 6.2 explica lo anterior y muestra al por ciento de remoción -- que se obtiene de diversas contaminantes en tratamiento primario.

Con el fin de establecer las características del efluente del sedi-- mentador primario, las concentraciones esperadas de SST y DBO a la entrada del reactor biológico serán:

$$SST_i = 430 \text{ mg/l} \quad \text{Eficiencia} = 50 \text{ a } 70\% \text{ (Metcalf and Eddy)}$$

Asumiendo una $E_f = 60\%$

$$SST_e = 430 \text{ mg/l} (0.40) = 172 \text{ mg/l}$$

$$DBO_i = 787 \text{ mg/l} \quad \text{Eficiencia} = 25 \text{ a } 40\%$$

Asumiendo una $E_f = 30\%$

$$DBO_e = 787 \text{ mg/l} (0.70) = 550 \text{ mg/l}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta el efluente de la floculación elaboré una tabla para explicar la concentración al influente de la sedimentación primaria del sistema regional Lerma - Toluca y como sale en el efluente de este proceso:

PARAMETRO	CONCENTRACION (mg/l)	EFICIENCIA	CARACTS. EFLUENTE (mg/l)
DBO ₅	787.00	30%	550.0
SSE	11.00	100%	0.0
SST	430.00	60%	172.0
CROMO	4.45	32%	3.02
G y A	45.00	70%	13.5

Tabla 6.2

POCIENTO DE REMOCION DE CONTAMINANTES CONTENIDOS EN AGUAS RESIDUALES POR TRATAMIENTO PRIMARIO (1)

Contaminante	Porcentaje de remoción (%)	Adición de cal
DQO	42	60 (2)
DBO	39	
Sólidos suspendidos	64	95 (2)
Grasas y aceites	61	
Nitrógeno amoniacal	41	
Cobre	36	100 (3)
Zinc	26	94 (3)
Níquel	20	
Plomo	(4)	
Arsénico	(4)	
Cadmio	(4)	
Cromo	32	100 (3)
Patógenos		
• Salmonella Typhi	50	
• Salmonella sp.	0-15	
• Streptococcus fecalis	50	99.9 (5)
• Mycobacterium	48-57	
• Enterovirus	0	
• Polio virus	0	
• Coxsackie virus	50	
• Quistes de ameba.	poca remoción	
• Lombrices parasíticas	50-98	
• Ascaris	100	

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

- (1) "Contaminants Associated with Direct and Indirect Reuse of Municipal Wastewater". U.S. Environmental Protection Agency (estudios realizados por Mitchell, F.K. Southern California Coastal Water Research Project (1974), Bryan, E.H. Diseases Transmitted by Foods Contaminated by Wastewater (1974); Foster, D.H. y Englebreeht, R.S. Conference on Recycling - Treated Municipal Wastewater Through Forest and Cropland - (1974)
- (2) Adición de 350 mg/l de cal y flotación aérea (estudio realizado por Mennell, M. et. al). JWPCF (noviembre 1974).
- (3) Adición de 388 mg/l de cal.
- (4) Las concentraciones de plomo, arsénico y cadmio se incrementaron (no existe explicación respecto a este incremento).
- (5) Adición de 450 mg/l de cal.

Fuente: Referencia (4)

De acuerdo a la tabla 6.2 el Cromo se reduce en un 32%, y para los otros contaminantes: As, Ba, Cd, Hg etc. no se asumió la remoción por no tener datos confiables para ello.

Las grasas y aceites como se explicó anteriormente se eliminan en gran parte en el canal desarenador y en la sedimentación primaria se eliminan también, por medio del sistema de rastras superiores, sin embargo haciendo un análisis de la eficiencia para remover este parámetro se tiene lo siguiente:

Concentración influente 150 mg/l

Concentración efluente en la sedimentación primaria 13.5 mg/l evaluando la eficiencia en el pretratamiento y en la sedimentación primaria para remover grasas y aceites se tiene:

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0} (100) = \frac{150(\text{mg/l}) - 13.5(\text{mg/l})}{150 (\text{mg/l})} (100) = 91\%$$

Sin embargo en las condiciones particulares de descarga, fijan como valor máximo permisible una concentración de grasas y aceites de 10 mg/l. Por lo que la eficiencia global del sistema debería ser:

$$E_{\text{global}} = \frac{150 (\text{mg/l}) - 10(\text{mg/l})}{150 (\text{mg/l})} (100) = 93.3\%$$

De lo anterior se deduce, que el efluente del Sistema Regional Toluca-Lerma, no cumplirá con la restricción de 10 mg/l como máximo para grasas y aceites, y si a esto se suma la presencia de concentraciones pico de ese parámetro en el influente la concentración que se tendrá en el efluente del sistema será mayor.

6.6.- TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

El objeto del tratamiento secundario del Sistema Regional Toluca-Lerma es reducir la materia orgánica, medida por el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presente en las aguas residuales.

Los tanques de aeración constituyen el núcleo principal, del tren de procesos. Estas unidades están diseñadas en base al proceso convencional de lodos activados, cuyo objetivo es remover la materia orgánica biodegradable que contienen las aguas residuales.

TIEMPO DE RETENCION.

El sistema de tratamiento cuenta con cuatro tanques de aeración cuyas dimensiones proporcionan los siguientes tiempos de retención hidráulicos:

$$\text{Volúmen de un tanque} = 5036 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen total disponible} = 5036 \text{ m}^3 (4 \text{ unidades}) = 20,144 \text{ m}^3$$

$$Q_m (\text{diseño}) = 700 \text{ l/s}$$

$$Q_m (\text{actual}) = 250 \text{ l/s}$$

$$T_R (\text{diseño}) = 20,144 \text{ m}^3 / (0,700 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,600 \text{ s/hr}) = 8 \text{ hrs.}$$

$$T_R (\text{actual}) = 20,144 \text{ m}^3 / (0.250 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,600 \text{ s/hr}) = 22.4 \text{ hrs.}$$

Debido al bajo gasto actual, se propone usar sólo un tanque -
($T_R = 5.6 \text{ hr}$), con ello se tendría una reserva del 300% en el proceso biológico y se reduciría significativamente el consumo de energía.

En caso de que se incrementará el flujo, se pondrían dos tanques a -
trabajar con un tiempo de retención de:

$$\text{Asumiendo } Q = 500 \text{ l/s}$$

$$T_R = (2 \times 5,036 \text{ m}^3) / (0.500 \text{ m}^3/\text{s}) (3,600 \text{ s/hr}) = 5.6 \text{ hr.}$$

De acuerdo a la literatura técnica consultada (2, 4 y 5), tiempo de retención está dentro de los rangos recomendados ($T_R = 4.0 \text{ a } 8.0 \text{ hr.}$)

NIVEL DE POTENCIA

Cada tanque de aeración fué diseñado con 6 aeradores superficiales del tipo 10-HL de 50 HP cada unidad para suministrar $76\text{KgO}_2/\text{hr}$, por lo que el nivel de potencia que se tiene es de:

$$\text{Potencia Total} = 6 \text{ aeradores/ tanque} \times 4 \text{ tanques} \times 50 \text{ HP/ unidad} = 1200 \text{ HP}$$

$$\text{NIVEL DE POTENCIA} = \text{Potencia Total (HP)} / \text{Volúmen Total aeración (m}^3\text{)}$$

$$\text{N.P.} = 1200 \text{ HP} / 20,144 \text{ m}^3$$

$$\text{N.P.} = 0.0596 \text{ Hp / m}^3 = 59.6 \text{ Hp / 1000 m}^3$$

Esa potencia indica que los aeradores fueron seleccionados con capacidad en exceso para obtener una mezcla completa, manteniendo los sólidos volátiles en suspensión y para absorber las cargas "shock" orgánicas.

Los criterios más comunes para el diseño de tanques de lodos activados y lagunas aeradas son:

PROCESO	Xv (mg / l)	T _R (hr.)	N.P. (Hp/1000 m ³)
Lodos Activados Convencional.	2000 - 3000	3.8 - 7.9	37.1
Aeración Extendida	3000 - 4000	12.0 - 24.0	—
Lagunas Aeradas Aerobias.	100 - 1500	12.0 - 72.0	5.3 - 8.0
Lagunas Aeradas Facultativas.	50 - 100	72.0 - 240.0	1.06 - 3.71

De acuerdo a los criterios de diseño para tanques de lodos activados, la potencia instalada de $59.6 \text{ Hp} / 1000 \text{ m}^3$ resulta excedida en 61%.

INFLUENCIA DE AERADORES.

$$\text{Potencia instalada } 37 \text{ Kw/ h/ aerador} = 50.00 \text{ Hp}$$

El diámetro de influencia para unidades de 50 Hp, se puede obtener graficamente en el libro:



"Introduction to Wastewater Treatment Processes", Ramalho (pag. 150 - Fig. 4.17):

Diámetro de influencia = 18.3 m.

Radio de influencia = 9.15m.

$$A_T = \pi \cdot d^2/4 = 3.1416 (18.3 \text{ m.})^2/4 = 263.0 \text{ m}^2$$

Comparando el área de influencia de los aeradores y el área de un tanque se tiene:

Volúmen de un tanque = 5,036.00 m³

Profundidad del tanque = 3.75 m.

Area de un tanque = 5,036.0 m³/ 3.75 m = 1,343.0 m²

Area de influencia de 6 aeradores en un tanque:

$$A_i = 263.0 \text{ m}^2 (6 \text{ aeradores}) = 1,578 \text{ m}^2$$

Del anterior análisis, se observa que el área de influencia con los seis aeradores actuando en conjunto en cada tanque (1,578 m²) es mayor que el área superficial del tanque (1,343 m²). Por otro lado, los aeradores instalados están complementados con unas pantallas anti-vértice sujetas a la solera del fondo del tanque, mediante las cuales se canaliza el flujo ascendente para profundidades menores a 4.50 m.

Dado que la profundidad del tanque es de 3.75 m., se considera que la influencia de los aeradores teóricamente, es total en el volúmen de cada tanque de aereación.

REQUERIMIENTOS DE AERACION DEBIDO A LA CARGA ORGANICA.

De acuerdo a la Literatura Técnica consultada (2), la concentración mínima de oxígeno disuelto en todo el tanque de aeración deberá ser de 1 a 2 mg/l.

Calculando la cantidad de oxígeno que requiere la DBO_5 y trabajando con datos del proyecto ejecutivo presentado por la Empresa Española:

Necesidad de oxígeno media ----- 1.2 $KgO_2 / KgDBO_5$

Necesidad de oxígeno máxima ----- 1.5 $KgO_2 / KgDBO_5$

$$DBO_i = 550 \text{ mg/l}$$

$$Q_m = 700 \text{ l/s}$$

$$DBO_5 \text{ influente} = (550 \text{ mg/l}) (700 \text{ l/s}) \left(\frac{Kg}{10^6 \text{ mg.}} \right) \left(\frac{86,400 \text{ s}}{d} \right) =$$

$$= 332,640 \text{ Kg/d}$$

Demanda Media de O_2 :

$$O_2 \text{ (Kg/d)} = 33,264.0 \text{ Kg. } DBO_5/\text{día} (1.2 \text{ Kg}O_2/\text{Kg}DBO_5) = 39,917.0$$

$$O_2 \text{ (Kg/hr)} = 1,663.0$$

Demanda Maxima de O_2 :

$$O_2 \text{ (Kg./d)} = 33,264.0 \text{ Kg. } DBO_5/\text{día} (1.5 \text{ Kg.}O_2 / \text{Kg.}DBO_5) = 49,896.0$$

$$\text{Kg.}(O_2/\text{hr}) = 2,079.0$$

RENDIMIENTO DE LOS AERADORES.

Los aeradores de superficie de tamaño comercial disponibles en el mercado, tienen eficiencias de transferencia de oxígeno que oscilan entre 1.2 a 3.2 $KgO_2/Kw\text{-hr.}$ (2).

De las memorias de cálculo del proyecto se obtuvo:

Potencia instalada: ----- 50 HP/ aerador

Aporte de oxígeno ----- 76 $KgO_2/h/$ aerador

TELIS CON
FALLA DE ORDEN

De donde la eficiencia de cada aerador es de 2.05 KgO₂/Kw-hr.

Se considera aceptable, puesto que está dentro del rango antes mencionado.

Los datos de rendimiento en condiciones normalizadas, se ajustan para fines de diseño, de modo que reflejen las condiciones reales. Esto se consigue utilizando la siguiente ecuación tomada de la bibliografía - técnica (2, 4 y 5):

$$N = N_o \left[\frac{Q}{9.2} \frac{C_{walt} - C_L}{(1.024)^{T-20}} \alpha \right]$$

DONDE:

N = KgO₂/Kw-h transferidos en condiciones reales.

N_o = KgO₂/Kw-h transferidos en el agua a 20°C y oxígeno disuelto cero.

Q = Factor de corrección por salinidad y tensión superficial, generalmente igual a uno (1).

C_{walt} = Concentración de saturación de oxígeno disuelto para el agua residual, a temperatura y altura dadas. (mg/l).

C_L = Concentración de oxígeno disuelto en condiciones de funcionamiento.

T = Temperatura °C .

α = Factor de corrección de la transferencia de oxígeno para el agua residual, generalmente de 0.75 (4 y 5).

En la mayoría de las situaciones, las condiciones del verano controlarán la potencia requerida del aerador para satisfacer las necesidades de oxígeno.

CONDICIONES DE VERANO:

Temperatura del agua en verano 30.4 °C (tomada de estudios hechos en el Distrito Toluca- Lerma) .

Altitud de la planta de tratamiento, cota 2,570 M.S.N.M. (Tomada - del Proyecto Ejecutivo).

De la Tabla II-6, de la Bibliografía técnica (3) consultada:

Concentración de oxígeno disuelto a 30.4°C = 7.4 mg/l

Concentración de oxígeno disuelto a 30.4 °C corregida por la altitud, de acuerdo a la Figura 12.7 del Metcalf and Eddy:

Factor de corrección = 0.76

D.D. (30.4°C) = 7.4 mg/l (0.76) = 5.62 mg/l

De la bibliografía técnica (4 y 5) consultada :

$C_L = 1.0(\text{mg/l})$ y $\alpha = 0.75$

Para el Verano:

$$N = N_0 \left[\frac{1 \times 5.62 - 1}{9.2} (0.75) (1.024)^{30.4 - 20} \right] =$$

$$N = 0.48(N_0) = 0.48 (2.05 \text{ KgO}_2/\text{Kw-hr}) = 0.984 \text{ KgO}_2/\text{Kw-hr} .$$

CONDICIONES DE INVIERNO:

Temperatura del agua 18.3 °C (Tomada de estudios hechos en el Distrito Toluca- Lerma).

Oxígeno disuelto de saturación a 18.3°C = 9.4 mg/l

Factor de corrección por altitud (2,570 M.S.N.M.)=0.76

Concentración de oxígeno disuelto corregida por altitud:

9.4 mg./l (0.76) = 7.14 mg./l

$C_L = 1.0$ y $\alpha = 0.75$

Para el invierno:

$$N = N_0 \left[\frac{1 \times 7.14 - 1}{9.2} (0.75) (1.024)^{18.3 - 20} \right] =$$

$$N = 0.521(N_0) = 0.521(2.05 \text{ KgO}_2/\text{Kw-hr}) = 1.07 \text{ KgO}_2^2/\text{Kw-hr}.$$

Del análisis para condiciones de verano e invierno se observa que:

$$N \text{ verano} = 0.984 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kw-h} \approx 1.0 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kw-hr}$$

$$N \text{ invierno} = 1.07 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kg-hr.}$$

$$N \text{ verano} < N \text{ invierno}$$

Las condiciones de verano controlarán la potencia requerida de los aeradores para satisfacer las necesidades de oxígeno.

Debido a que en el verano la temperatura del agua aumenta, esto afecta directamente la concentración del oxígeno disuelto en el agua, prevaleciendo condiciones más críticas que son las que controlan el diseño.

$$N \text{ verano} = 1 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kw-hr.}$$

$$1 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kw-hr.} < 1.2 \text{ a } 3.2 \text{ Kg. } O_2 / \text{ Kw-hr.}$$

Del análisis anterior se observa que la eficiencia de transferencia de oxígeno de los aeradores superficiales del sistema regional Toluca -- Lerma, bajo condiciones reales es menor del rango (1.2 a 3.2 KgO₂/Kw-hr) que recomienda la literatura técnica (2) consultada.

Así mismo, con la potencia instalada se tiene:

No. de aeradores instalados 24 unidades

Potencia instalada 37Kw/h/aerador

Por tanto la potencia total instalada es:

$$24 \text{ unidades (} 37 \text{ Kw/h/aerador) } = 888.0 \text{ Kw/hora}$$

$$888.0 \text{ Kw/hora (} 1.0 \text{ Kg. } O_2 / \text{ Kw.hr) } = 888 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kw-hr}$$

$$888.0 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kw-hr. (} 24 \text{ horas/ d) } = 21,312 \text{ Kg } O_2 / \text{ d.}$$

Revisando el análisis anterior y comparando:

$$21,312 \text{ Kg } O_2 / \text{ día} < 39,917.0 \text{ Kg } O_2 / \text{ día}$$

La eficiencia de transferencia de oxígeno en condiciones reales es menor que la necesidad media de O₂ requerida en el sistema por día.

Procediendo por tanteos, de acuerdo a la Bibliografía especializada (4 y 5) que se consultó, se asumen niveles de energía para determinar la potencia necesaria:

Asumiendo un nivel de energía de $120 H_p / 1000 m^3$ de la pág. 150 - Fig. 4.17, del Introduction to wastewater treatment processes, Ramalho, se obtiene N_o .

$$N_o = 1.89 \text{ KgO}_2 / H_p\text{-hr.}$$

Del análisis para condiciones de verano factor de corrección = $0.48 \text{ KgO}_2 / H_p - \text{hr.}$

$$N = 0.48 (1.89 \text{ Kg. O}_2 / H_p\text{-hr}) = 0.91 \text{ KgO}_2 / H_p\text{-hr.}$$

Del análisis de requerimientos de aeración debido a la carga orgánica.

$$\text{Demanda máxima de O}_2 = O_2 \text{ (Kg/hr)} = 2,079$$

$$\text{Energía necesaria} = \frac{2,079 \text{ KgO}_2/\text{hr}}{0.91 \text{ KgO}_2/H_p\text{-hr}} = 2,285 H_p$$

Se proponen 28 unidades de $85 H_p = 2,380 H_p$.

$$\text{Volúmen de aeración} = 20,144 m^3 = 20.144 \text{ miles de } m^3$$

$$2,380 H_p / 20.144 m^3 = 118 H_p / 1000 m^3 \approx 120 H_p / 1000 m^3 \quad \text{¡ACEPTABLE!}$$

De la Fig. 4.17 se obtiene: Diámetro de influencia = 20.2 m.
Radio de influencia = 10.1 m.

Finalmente se resume lo instalado en la planta, en el proceso biológico, y lo necesario para satisfacer las necesidades de oxígeno:

DESCRIPCION	No. UNIDADES	CABALLAJE	R A D I O INFLUENCIA	DIAMETRO INFLUENCIA
INSTALADO	24	50.00 H_p	9.14 m.	18.28 m.
NECESARIO	28	85.0 H_p	10.1 m.	20.2 m.

Del análisis hecho, en el presente capítulo y considerando la eficiencia de los aeradores para transferir oxígeno en condiciones reales, se considera que con el equipo instalado en los tanques de aeración es imposible que se cumpla con los requerimientos teóricos de oxígeno para satisfacer la DBO_5 .

Al igual que en el tratamiento primario, en el proceso secundario de lodos activados, se lleva a cabo una remoción de elementos contaminantes presentes en las aguas, de compuestos orgánicos posiblemente cancerígenos y de metales pesados. La remoción de éstos compuestos que tiene lugar en el reactor biológico no se han estudiado a fondo, pero se sabe de ellas ya que pruebas hechas en los efluentes así lo demuestran. Se tienen referencias que los elementos solubles en el agua presentan remociones.

La remoción depende de la precipitación de hidróxidos de metales y de la adsorción del contaminante por los floculos de lodo activado. (Ver tablas 6.3 y 6.5).

En un estudio realizado sobre la remoción de compuestos orgánicos que puedan ser cancerígenos y que se encuentran en las aguas residuales a través del proceso de lodos activados no se encontró remoción significativa (Ver tabla 6.4).

Finalmente, la referencia (4) menciona. Que en otro estudio, la remoción de organismos patógenos contenidos en las aguas residuales a través del proceso de lodos activados se lograba por la adsorción de éstos en los flóculos de lodos o se destruían por la acción predatoria de las bacterias constitutivas de los lodos.

Teniendo como antecedente lo anterior y las tablas 6.3 y 6.5, así como las tablas de los efluentes de procesos anteriores elaboré esta tabla para observar las remociones que se tendrán en el proceso biológico de lodos activados del sistema regional Lerma-Toluca:

CONTAMINANTE	CONCENTRACION (mg/l)	% REMOCION	CARCS.EFLUENTE (mg/l)
As	4.5	-	< 4.5
Cd	0.01	56	0.004
Cr	3.02	36	1.93
Hg	0.009	-	< 0.009
Se	0.01	-	< 0.01
pb	0.15	48	0.07
B	2.0	-	< 2.0
Ba	5.0	52	5.0
CLANAMIDAS	0.02	52	0.008
PHENOL	1.0	90	0.1
DBO ₅	550.9	85	82.5

Tabla 6.3

PORCIENTO DE REMOCION DE CONTAMINANTES CONTENIDOS EN AGUAS RESIDUALES A TRAVES DE UN PROCESO DE LODOS ACTIVADOS (1)

Contaminante	Porcentaje de remoción (%)
DQO	90(2)
DBO	95(2)
Sólidos suspendidos	91(2)
Grasas y aceites	98(2)
Fenoles	90(2)
Nitrógeno amoniacal	52(2)
Fósforo	67(2)
Cianuro	57(2)
Cadmio	56(2)
Cromo	36(3)
Cobre	59(3)
Fierro	48(3)
Plomo	48(3)
Manganeso	22(3)
Molibdono	23(3)
Niquel	22(3)
Plata	71(3)
Zinc	60(3)
Patógenos	
. Salmonella	96-99(4)
. Microbacteria	cerca de 87(4)
. Quistes de ameba	poca remoción (4)
. Helmintos	poca remoción (4)
. Organismos coliformes	90-99(5)
. Estreptococo fecales	84-94(5)
. Shigella	90-99(5)
. <u>Pseudomonas aeruginosa</u>	99(5)
. <u>Clostridium perfringens</u>	90-99(5)
. Mycobacterium tuberculosis	66-88(5)
. Enterovirus	0-99(6)
. Poliovirus	0-99(6)
. Coxsackie virus	0-50(6)
. ECHO virus	poca remoción (6)

- (1) "Contaminants Associated with Direct and Indirect Reuse of Municipal Wastewater" U.S. Environmental Protection Agency. March, 1978
- (2) Estudio realizado en la Planta de tratamiento de Hyperion, los Angeles, Calif. (E.U.) 1974
- (3) Remoción del influente al effluente de la planta, D.C.
- (4) Foyter Engelbrecht. "Conference on Recycling Treated Municipal Wastewater through Forest and Cropland". 1974.
- (5) Hunter. Kotalik. Ibided 4.
- (6) Bryan. Wastewater Use in the Production of Food and Fiber Proceedings. 1974.

Fuente: Referencia (4)



Tabla 6.4

COMPUESTOS ORGANICOS POSIBLEMENTE CARCINOGENICOS NO REDUCIDOS
SIGNIFICATIVAMENTE POR PROCESOS DE Lodos ACTIVADOS (1)

Compuestos (2)

2,3 oxido de butileno
B- Propiolactona
Tiourae
Etilcarbonato
2- Tiouracil
4- Etoxifenilurea
Benzidina
4,4' -Dihidroxi-a, b-dietiletibeno
2-Naftil amina
4,4'-Bis (dimetilamino)benzofeno
p-Fenilazofenol
p-Fenilazoanilina
9-10- Dimetil antraceno
1,2-Benzantraceno
7 Metil -1, 2- benzantraceno
1,2,5,6- Dibenzantraceno
3,4-Benzopireno
1,2,4,5 Dibenzopireno
20- Metil colantreno
2- Nitro fluoreno
2- Fluoreno amina
N-2 Fluorenil acetamida
7,9 Dimetilvenz (c) acridina
7, 10 Dimetilbenz (c) acridina
Dibenz (a,h) acridina
Dibenz (a,j) acridina

- (1) "Contaminants Associated with Direct and Indirect Reuse of Municipal Wastewater". U.S. Environmental Protection Agency. March, 1978.
- (2) Maleng, JF. "Resistance of Carcinogenic Organic Compounds to oxidation by Activated Sludge" (JWPCF 39 (12).1967.

Fuente: Referencia (4)



Tabla 6.5

PORCIENTO DE REMOCION DE METALES PESADOS CONTENIDOS EN AGUAS RESIDUALES A TRAVES DE TRATAMIENTO SECUNDA RIO (1).

Metal	Promedio de remoción (%)		
	Clarificador Primario	Filtros rociadores y clarificador Secundario	Lodos activa-dos y clarifi-cador secunda rio.
	Análisis por emisión de rayos X		
Cadmio	30	5	56
Cromo	36	19	36
Cobre	40	47	59
Fierro	57	46	48
Plomo	54	36	48
Manganeso	27	16	22
Molibdeno	22	15	23
Niquel	25	20	22
Plata	46	48	71
Zinc	50	56	60

	Análisis por absorción atómica/Química húmeda		
Cromo	48	19	40
Cobre	38	39	30
Fierro	50	43	49
Molibdeno	6	36	2
Zinc	43	30	39

(1) "Health Aspects of Wastewater Recharge". A State-of-the Art Review, State of California, 1978. (Estudio realizado por Zemansky, G.M. "Removal of Trace Metals in Conventional Water and Wastewater Treatment").

INSTITUCION
 FALLA DE ORIGEN

Fuente: Referencia (4)

Para evaluar el As, Hg, Se, B y Ba no se encontró alguna referencia confiable, pero al igual que los demás contaminantes en la floculación, y en la sedimentación primaria se espera que se reduzcan a concentraciones aceptables, ya que en concentraciones como las que aparecen en el influente, presentan un peligro al proceso biológico.

Por otra parte, evaluando la eficiencia del sistema para reducir la DBO, se tiene:

DBO₅ influente 550 mg/l

DBO₅ efluente en el reactor biológico 82.5 mg/l

Eficiencia del proceso:

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0} (100) = \frac{550 \text{ (mg/l)} - 82.5 \text{ (mg/l)}}{550 \text{ (mg/l)}} (100) = 85\%$$

Si se tiene en cuenta, que en las condiciones particulares de descarga fijan como valor máximo una concentración de 40 mg/l, la eficiencia global del sistema deberá ser como mínimo:

$$E. \text{ global} = \frac{550 \text{ (mg/l)} - 40 \text{ (mg/l)}}{550 \text{ (mg/l)}} (100) = 93 \%$$

De lo anterior se deduce, que el sistema Toluca-Lerma, no cumplirá con las condiciones particulares de descarga que fijó la S.A.R.H. en lo referente a la DBO₅. Por otro lado, si se presentan cargas shock de DBO₅ en el influente con la eficiencia esperada en el sistema, se tendrán concentraciones más altas de DBO₅ en el efluente del sistema.

En las gráficas (2.1 a 2.7 del cap. II), se observa que las concentraciones de los parámetros considerados para evaluar el influente, presentan variaciones que pueden presentar problemas en la planta de tratamiento.

Las concentraciones de DBO₅, G y A, SSe, Plomo, Cromo, Cobre, se presentan con cargas "shock" y debido a la toxicidad de algunos contaminantes en el influente (metales pesados) el proceso biológico, que tiene como principal ventaja la factibilidad de obtener altas ta-

sas de remoción de DBO_5 en tanques de tamaño reducido, presenta una alta vulnerabilidad a los cambios extremos (cargas "shock") en la calidad de las aguas residuales a tratar.

Cuando el influente a un proceso de lodos activados, está constituido por aguas residuales industriales que no son fácilmente biodegradables, es necesario aclimatar a los microorganismos del proceso durante un largo período, para que la eficiencia del proceso sea adecuada. En el caso de ocurrir una carga "shock", se corre el riesgo de inhibir o destruir los floculos de microorganismos encargados de estabilizar la materia orgánica, reduciéndose parcial o totalmente la eficiencia de remoción de DBO_5 .

Debido a la frecuencia con que se presentan las cargas "shock" es necesario construir un tanque homogenizador.

Al retener las aguas residuales en el tanque homogenizador se mezclarían las concentraciones altas con las concentraciones bajas, reduciendo las cargas shock por dilución y haciendo más homogénea su concentración, finalmente el efluente del tanque homogenizador proporcionaría concentraciones más constantes.

Las cargas shock, se presentan en forma casi instantánea a ciertas horas y tienen una corta duración. De ahí la necesidad de tener tiempos de retención hidráulicos en el tanque homogenizador de 6 - 8 horas, a fin de amortiguar las cargas shock en el tanque. Por otro lado, los tiempos de retención en el tanque floculador y en el de sedimentación primaria, que suman 110 minutos, no garantizan una amortización adecuada de las cargas "shock".

6.7.- CLARIFICADORES SECUNDARIOS.

La eficiencia de éste proceso consiste en obtener un efluente clarificado que retenga en el proceso los lodos activados o microorganismos (SSV) presentes en el efluente del reactor biológico.

De acuerdo al tiempo de retención de la sedimentación secundaria en el sistema regional Lerma-Toluca, la pendiente del tanque para facilitar la caída y empuje del lodo y los vertedores diseñados para-

retener los lodos flotantes que pueda haber, su diseño es adecuado de acuerdo a la bibliografía que al respecto existe (2 y 3), por lo que su eficiencia en remoción de SSV será de 95% o mayor.

El proceso de sedimentación secundaria también influye como se vió en el proceso biológico y en la sedimentación primaria en la remoción de otros contaminantes de las aguas residuales según se puede ver en la Tabla 6.5 .

6.8.- CLORACION.

Se ha observado que la cloración de las aguas residuales no reduce las concentraciones de DBO presentes en el agua. Ref. (4)

En caso singular del sistema Lerma-Toluca, se espera una eficiencia de 95 a 100% en base al tiempo de retención $T_r = 0.5$ hrs. y a la dosificación para Q medio = 15 mg/l. Que coinciden con las recomendaciones bibliográficas (3) para poder matar los microorganismos patógenos, presentes en el efluente.

La tabla 6.7 muestra la remoción de contaminantes y microorganismos presentes en las aguas residuales utilizando cloro como proceso de tratamiento, principalmente para desinfección.

Aunque la cloración ha sido el método más utilizado para la destrucción de microorganismos patógenos presentes en los cuerpos de agua de acuerdo a la referencia (4), se menciona que recientemente se ha encontrado que la cloración de aguas puede formar compuestos clorados dañinos al medio ambiente y a la salud de los consumidores de esas aguas. Estos compuestos se pueden ver en la Tabla 6.6.

6.9.- TRATAMIENTO DE LODOS.

DIGESTION AEROBIA.

En la digestión aerobia la eficiencia depende del grado de eficiencia en la estabilización de la materia orgánica (sólidos primarios + sólidos secundarios SSV) a compuestos orgánicos e inorgánicos inertes.

En la estabilización aerobia del sistema regional Lerma-Toluca se logrará una reducción de lodo de 30% de acuerdo a la Bibliografía con--

Tabla 5.6
 COMPUESTOS PRESENTES EN EFLUENTE CLORADOS (1)

Compuesto

Acido 2-clorobenzoico
 Acido 3-clorobenzoico
 Acido 4-clorobenzoico
 8 - clorocafeína
 6- cloroquinina
 Acido 3-cloro-4 hidroxibenzoico
 Acido 4- cloro mandélico
 4- Cloro-3-metil fenol
 2- Clorofenol
 4- Clorofeno
 Acido 4-clorofenil acético
 3-Clororesorcinol
 5-Clorouracil
 5-Cloruridina
 8-Cloroxantina
 Cloroformo
 Diclorobutano
 Cloro ciclo hexano
 o-diclorobenzeno
 p-diclorobenzeno
 Pentacloro cetona
 Tricloro benzino
 Clorocumeno
 N-metil-tricloroanilina
 Tricloro feno
 Cloro-a-metil bencil alcohol
 Dicloro metoxitoluena
 Tricloro metil estireno
 Dicloro-a metil-bencil alcohol
 Dicloro-bis (etoxi) benzeno
 Dicloro-a metil bencil alcohol
 Tetracloro etil estireno
 Tetracloro metoxi tolueno
 Derivados de dicloroanilina
 Derivados de tricloro eftalato
 Derivados de tetra clorocitalato
 Derivados de dicloroacetato
 Dibromo cloro metano
 3-Cloro-2-metil but-1-eno
 Acetato de cloralquil
 Tetracloroetil benzeno
 Hexacloro acetona
 Dicloroetil benzeno
 Dicloro tolueno
 TricloroLil benzeno
 Tricloro-N-metil anisol
 Tetraclorofenol

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Fuente: Referencia (4)

Tabla 6.7

REMOCION DE CONTAMINANTES Y MICROORGANISMOS PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES POR LA ADICION DE CLORO (1)

Contaminante	Cloro residual (mg/l)	Tiempo de contacto (minutos)	Remoción (%)
Nitrógeno amoniacal	-	-	95-99(2)
Bario	-	-	34 (3)
Níquel	-	-	5 (3)
Cobre	-	-	0 (3)
Patógenos			
. Virus			
Hepatitis infecciosa	15	30	Inactivado
Coxsackie	1	3	99.6 inactivado
Echo	1.95	6.5	Supervivencia
Polio I	0.53	14	Supervivencia
Coliphage B	0.03	10	20% supervivencia
Theiler phage	0.03	10	Inactivado
. Bacterias			
<u>Mycobacterium tuberculosis</u>	2	30	99%
<u>Escherichia coli</u>	0.14	3	99.9
Coliformes	1-1.2	15	99%
. Nemátodos			
Diplogaster	2.5-3	120	Sobreviven y están móviles
Cheilobus	15-45	1	Sobreviven y están móviles.

- (1) "Contaminantes Associated with Direct and Indirect Reuse of Municipal Wastewater" U.S. Environmental Protection Agency, March, 1970
- (2) Susag, R.H. "BOD Reduction by Chlorination" JWPCE 40(1) November, - 1968.

Fuente: Referencia (4)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

sultada (2)

Producción de lodos:

Caudal de lodos primarios = $887 \text{ m}^3 / \text{día}$.

Caudal de lodos activados = $21,000 \text{ Kg./día}$.

Considerando el caso de que los lodos primarios no sean estabilizados por la presencia de sustancias tóxicas y con una reducción de 30% de la materia seca en los lodos secundarios:

Lodos activados $21,000 \text{ Kg/día}$ (materia seca)

Reducción del 30% = $6\,300 \text{ Kg. M.S./día}$

Cantidad de lodo estabilizado = $14\,700 \text{ Kg. M.S./día}$

Este proceso de digestión aerobia se podría considerar como una continuación del proceso de lodos activados. La Bibliografía consultada menciona que los sólidos volátiles se reducen linealmente hasta un 40% en un tiempo de retención de 10 a 12 días. A mi juicio lo mejor es evaluar la eficiencia de éste proceso en laboratorio con muestras representativas ya que en cuanto al tiempo de retención que menciona la Bibliografía consultada (2 y 6) el tiempo de retención -- del digestor del sistema regional Lerma-Toluca resulta pequeño. Sin embargo se debe tener presente que el proceso no está bien estudiado y que en mucho dependiera de las condiciones ambientales y del tipo de lodo a tratar.

6.10.- ESPESAMIENTO DE LODOS.

La reducción de lodo se puede obtener gracias a la concentración del mismo. Si un lodo es espesado del 1 al 4% de sólidos, su volumen quedará reducido a un 25% del original no es deseable obtener concentraciones de sólidos del 10% ya que esos lodos serían muy viscosos y difíciles de bombear.

En el sistema regional Lerma-Toluca se consideraron dos casos:

- a) Que los lodos primarios se estabilizaran.
- b) que los lodos primarios no pueden estabilizarse.

Para el caso a).-

Contenido en materia seca:

Lodos primarios incluida la Floculación 26620 Kg. MS/día.

Lodos activados estabilizados 14700 Kg. MS/día.

T O T A L.- 41320 Kg. MS/día

Contenido en materia seca después del espesado mecánico.

4 - 5% = 40-50 Kg. MS/m³

Lodos después del espesado mecánico = $\frac{41320 \text{ Kg. M.S./día}}{40-50 \text{ Kg. M.S./m}^3}$ 1033 a 830m³/d

Para el caso b): Si los lodos primarios no se estabilizan:

$\frac{14700 \text{ Kg. M.S./día}}{40-50 \text{ Kg. M.S./m}^3} = 367.5 \text{ a } 294 \text{ m}^3/\text{día}.$

Lo anterior demuestra que la concentración en el sistema Lerma-Toluca se mantiene dentro de los valores recomendados por la Bibliografía consultada (2) en este caso de 4-5% que los hace muy fáciles de manejar, y permite un alto grado de eficiencia en este proceso al reducir el volumen.

6.11.- TRATAMIENTO FINAL DE LODOS.

El proceso de deshidratación del lodo por medio de filtros prensa de doble banda, es considerado como un proceso de gran eficiencia y su uso está muy extendido en Inglaterra. El ciclo de filtración varía normalmente de 3 a 8 hrs. y reduce bastante el trabajo manual de operaciones, ya que las prensas son mecánicas.

No se tienen datos de reducción de humedad en la torta de lodo, ya que como se mencionó anteriormente no se tenían datos de éste proceso ni en la S.A.R.H. ni en la planta.

6.12.- De las tablas que elabora se deduce que la planta de tratamiento del sistema regional Toluca-Lerma requiere tener una eficiencia -

global arriba de 93.0% en la remoción de DBO_5 y así mismo una eficiencia global arriba de 93.3% en la eliminación de grasas y aceites, para cumplir con los límites máximos establecidos por la S.A.R.H. en las condiciones particulares de descarga que son 40 mg./l para DBO_5 y 10 mg./l para grasas y aceites en el efluente de la planta.

VII.- EVALUACION DEL EFLUENTE DE LA PLANTA PARA USOS EN RIEGO AGRICOLA.

7.1.- El reuso del agua en nuestro país, es una práctica común que ha contribuido a satisfacer las demandas del sector agrícola principalmente, y en menor escala las de los sectores industriales y municipales.

De acuerdo a la situación actual, el reuso del agua residual en México se puede clasificar en planeado o no planeado o inadvertido. Dentro de las prácticas planeadas del reuso del agua, existen casos donde no se ejerce ningún control sobre la calidad del agua, como sucede prácticamente en todos los distritos de riego donde se utilizan aguas negras crudas, y a la vez existen reusos a nivel industrial donde el control de la calidad de las aguas tratadas es sumamente estricto.

En México se practica el riego agrícola con aguas residuales en zonas con escasas fuentes de abastecimiento de agua de buena calidad y para el desarrollo de cultivos en zonas áridas y semiáridas. Para lograr éste fin las aguas residuales deben tener una calidad tal, que no ocasione daños a las plantas que no degrade la calidad del producto cosechado o la combinación de éstos dos efectos. Además, éstas aguas no deben ocasionar daños a la salud de los consumidores de éstos productos, tanto al Hombre como a los animales (ganado) y no deben ser fuentes productoras de infecciones por organismos patógenos. Por otra parte, las aguas no deben afectar las características naturales del suelo principalmente la permeabilidad, la tasa de infiltración y la misma infiltración no debe afectar la calidad del agua de cuerpos subterráneos.

tal vez, el reuso no planeado, o inadvertido, representa el más grave peligro para la salud del hombre y el equilibrio de los ecosistemas.

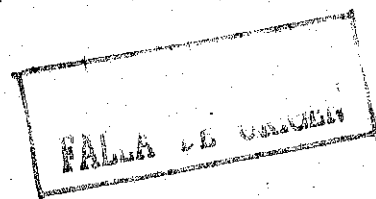
El reuso controlado del agua posee dos propósitos fundamentales: El control de la contaminación y, el aprovechamiento condicionado del agua residual para fines benéficos. Por lo general, lo segundo induce lo primero, y la posibilidad de lograr cualquiera de los dos propósitos dependerá de la magnitud del problema que se aborde y el costo en que se incurra.

Para el caso del sistema regional Toluca-Lerma, en las condiciones particulares de descarga fijadas por la SARH, se enmarcó al efluente de la planta una clase D-III de acuerdo al Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, es decir una calidad adecuada para uso agrícola e industrial. Por tanto a fin de determinar si dicho efluente es adecuado para ese uso, se elaboró una tabla resúmen (ver tabla 7.1) que muestra las características influyentes a la planta, las condiciones particulares de descarga, las bases de diseño y las características del efluente, para comentar brevemente los inconvenientes o ventajas que pueda haber desde el punto de vista cualitativo.

- 7.2.- En la tabla 7.1, se puede observar que de acuerdo a lo analizado en el capítulo VI, no se cumplirá con lo estipulado en las condiciones particulares de descarga en lo referente a DBO_5 y grasas y aceites. Por otra parte no se cumplirá tampoco con la restricción referente a coliformes, ya que se pudo comprobar con los análisis de laboratorio y en la planta que no se está clorando el efluente.
- 7.3.- El uso de agua residual en riego agrícola presenta cinco grupos de -- problemas potenciales: 1).- a los cultivos, 2).-a los suelos, - - - 3).- a los acuíferos, 4).- al personal que labora en el campo y - . - 5).- al ganado de la región.

TABLA RESUMEN 7.1
SISTEMA REGIONAL TOLUCA - LERMA

PARAMETRO	CARACTERIS- TICAS INFLUEN- TES mg/l	COND. PART. DE DESCARGA mg/l	BASES DE DISEÑO mg/l	CARACTERIS- TICAS DEL EFLUENTE mg/l
DBO ₅	886.5	40.0	787.0	> 40.0
DQD	1942			
SST	195.6	40.0	430.0	< 40.0
SSe	11.06 ml/l		2.0 ml/l	
pH	5.5- 6.2	6 - 9	5.5-8.5	7.0- 8.2
TEMPERATURA	13 °C	30°	20° C	< 30.0
G y A	111.25	10.0	1500 mg/l	> 10.0
As	0.22	5.0	5.0	< 4.5
Ba	0.02	5.0	5.0	< 5.0
B	0.52	2.0	2.0	< 2.0
Cd	0.03	0.05	0.05	< 0.004
Cr	0.92	5.0	5.0	< 1.93
Hg	0.00	0.01	0.01	< 0.009
Pb	0.40	5.0	5.0	< 0.07
Se	0.45	0.05	0.05	< 0.01
CIANAMIDAS	0.00	0.02	0.02	< 0.008
FENOLES	1.05	1.0	1.0	< 0.1
R.A.S.		6.0	6.0	< 6.0
COLIFORMES		1000 NMP/100 ml		> 1000 NMP/100 ml
Cu	1.06	1.0		< 1.0



El peligro a los cultivos puede ser obviado con una política adecuada de selección de cultivos y de operación adecuada del sistema y del proceso de cloración o eliminando los cultivos de productos que se consuman crudos, restringiendo el uso de riego por aspersión a árboles frutales, estableciendo períodos de riego con aguas residuales en función de los períodos de cosecha etc. El peligro a los suelos lo representan principalmente las sales que afectan la capacidad agrológica de los suelos, las grasas y aceites que interfieren con la permeabilidad de los suelos y los detergentes y otros compuestos tóxicos que pueden afectar la productividad de los suelos. Los peligros de contaminación de los acuíferos no deben de despreciarse, ya que cuando sus efectos son detectados en la calidad de las aguas subterráneas, puede ser demasiado tarde para tomar medidas correctivas.

Para los trabajadores del campo y para el ganado de la zona el problema es de salud por el peligro que existe de parasitosis e infecciones de muy diversos tipos por contacto o ingestión de aguas contaminadas.

Por esas razones, el riego con el efluente del sistema Toluca-Lerma debe estar sujeto a controles sanitarios y de calidad.

C R I T E R I O S

A continuación se presenta un análisis causa-efecto para cada uno de los parámetros objetables contenidos en la tabla 7.1.

7.4.- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Es recomendable que las aguas utilizadas para irrigación de cultivos tenga una concentración máxima de DBO de 10 mg/l (en el momento de la irrigación) en zonas donde el drenaje del suelo es pobre y se irrigen cultivos cuya partes comestible se encuentra muy cercana al suelo.

Para los demás colectivos se pueden utilizar aguas conteniendo una concentración de DBO de hasta 500 mg/l.

Actualmente, existe poca información relativa a los efectos ocasionados sobre las plantas por el riego con aguas que contienen altas concentraciones de DBO. Se ha determinado que la concentración de DBO puede dis-

minuír entre la fuente de agua contaminada y la zona de irrigación y que la irrigación por medio de aspersores también contribuye a disminuir la concentración de la DBD. Ref. (4).

7.5.- GRASAS Y ACEITES.

Las grasas y aceites pueden encontrarse en el agua en dos diferentes formas; dispersas (emulsificadas) y no dispersas. Las grasas y aceites presentes en agua para riego agrícola interfieren con la permeabilidad de los suelos. Las películas de aceite que se forman en la superficie del agua interfieren en el intercambio de gases (oxígeno). - Experiencias en Inglaterra han demostrado que las películas de aceite mayores de 10^{-4} cm. de espesor afectan la tasa de reaeración de oxígeno. Ref (5).

El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de - - Aguas, fija para clase D-III, es decir agua para uso agrícola e industrial como límite máximo; ausencia de película visible, en lo referente a grasas y aceites.

EFFECTOS DE LAS GRASAS Y ACEITES EN LOS CUERPOS DE AGUA.

Los peces y aves (gaviotas) son afectados en su medio por los aceites, pues el aceite emulsificado puede adherirse a las agallas del pez y causarle asfixiamiento o impartirle un sabor desagradable a su carne.

Los aceites que sedimentan en el agua pueden llegar a inhibir el crecimiento normal de los bentos. Ref.(5).

Los niveles de grasas y aceites que son tóxicos a los organismos acuáticos varían grandemente, ya que dependen del tipo y susceptibilidad de la especie, sin embargo; es conocido que el aceite crudo en concentraciones tan bajas como como 0.3 mg/l es extremadamente tóxico para los peces que habitan en las aguas dulces.

En Estados Unidos, se realizó un experimento con puercos de Guinea - a los cuales se les dió agua conteniendo entre 400 y 800 mg/l de hidrocarburos aromáticos. Los animales rechazaron éstas aguas durante - 3 días, hasta que las consumieron para apaciguar su sed. En ninguno de los animales se presentaron efectos adversos. En base a ese estudio -



se estima que debido al olor penetrante y al sabor desagradable que los hidrocarburos aromáticos imparten al agua, ésta es rechazada por el ganado. Ref. (4).

Debido a que los aceites contenidos en aguas residuales proporcionan mal sabor al agua a niveles bajos, no es necesario recomendar un nivel máximo del contenido de aceites en aguas consumidas por el ganado.

7.6.- COLIFORMES.

La falta de agua de buena calidad para irrigación de plantas conduce a la reutilización de aguas en México, lo que subsecuentemente puede provocar serios problemas relativos a la distribución de organismos-patógenos principalmente bacterias, hongos, nemátodos y virus presentes en estas aguas. Ref. (4, 6 y 7).

Para aquellos cultivos consumidos crudos por el hombre y cuya parte comestible no entra en contacto con el agua utilizada para su irrigación y en todos los pastizales, es recomendable que las aguas contengan menos de 1,000 coliformes fecales/100 ml.

En caso que se irrigen cultivos que sean consumidos crudos por el hombre y que su parte comestible entra en contacto con el agua residual; es recomendable que el nivel máximo de coliformes fecales sea de 2.2/100 ml.

Por otro lado, no es necesario recomendar un nivel máximo de coliformes fecales en cultivos de forrajes consumidos por el ganado. El reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, fija para clase D-III, es decir agua adecuada para uso agrícola e industrial un límite máximo de 1000 coliformes NMP/100 ml para riego de legumbres que se consuman sin hervir o frutas que tengan contacto con el suelo y libre para los demás cultivos.

En relación a la calidad de cultivos irrigados con aguas residuales -- crudas en el distrito de riego 03 en el Estado de Hidalgo. Se encontraron altos niveles de contaminación fecal, ya que se reportaron en estudios hechos por la SARH, más de 24,000 coliformes totales -- (NMP) por gramo de cultivo forrajero y más de 24,000 coliformes fecales (NMP) por gramo de cultivo. Por otro lado, la calidad sanitaria de los

cultivos consumidos crudos por el hombre representan un alto riesgo a la salud debido a que contienen elevadas concentraciones de organismos patógenos, elementos traza y otros contaminantes provenientes del agua que se utiliza para irrigarlos. Ref. (4).

Como se mencionó anteriormente, la concentración máxima permisible de coliformes fecales/100 ml. depende del cultivo que se irrigue. Por lo tanto, las aguas residuales se pueden utilizar sin ninguna restricción para irrigar cultivos forrajeros. Sin embargo, no es posible utilizarlas para irrigar cultivos que sean consumidos crudos por el hombre, ya que para alcanzar el nivel recomendable de 1000 coliformes -- (NMP) /100 ml se requeriría una remoción prácticamente del 100% de los coliformes fecales. Esta situación en el caso del sistema regional Toluca-Lerma resulta factible ya que en el tren de procesos de la planta está contemplado el proceso de cloración para desinfectar el efluente antes de su descarga. Con esa remoción se cumplirá ampliamente lo -- estipulado en las condiciones particulares de descarga para este parámetro.

7.7.- SÓLIDOS SUSPENDIDOS.

Es recomendable que los sólidos suspendidos en aguas para irrigación se encuentren a una concentración máxima de 30 mg/l

Cuando las zonas de cultivo se riegan con aspersores, estas partículas coloidales pueden depositarse sobre las hojas de las plantas formando una película que reduce el proceso de la fotosíntesis y afecta el crecimiento de la planta. Ref. (4).

pH

7.8.- El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de -- Aguas, fija para clase V-III, es decir agua para uso agrícola e industrial un valor de pH de 6.0 a 9.0.

Las aguas utilizadas en irrigación de plantas conteniendo valores de pH inferiores a 4.8 sobre suelos ácidos durante largos periodos pueden restituir iones solubles de fierro, aluminio y magnesio en concentraciones tales que pueden ser tóxicas para el crecimiento de las plantas. Aguas que tienen valores de pH superiores a 8.3 (aguas alcalinas)

pueden contener altas concentraciones de sodio y carbonatos, ocasionando una disminución de la permeabilidad del suelo por la formación de costras (sobre la superficie del suelo) que impide la germinación de la semilla y que ésta emerja a la superficie. Ref. (4)

7.9.- ARSENIICO.

El reglamento (1) fija para clase D-III, una concentración máxima de 5.0 mg/l.

A través de los años, se han determinado diversos niveles de concentración de arsénico en la solución de nutrientes en el suelo reducen la producción de diversos cultivos. Por ejemplo, concentraciones de 0.5 mg/l de arsénico en la solución de nutrientes en el suelo reducen el crecimiento de las raíces de garbanzo y, cuando la concentración es de 1.0 mg/l, reduce el crecimiento tanto de la raíz como de la planta. Ref. (4).

7.10.- B O R O.

El Reglamento (1) fija para clase D-III una concentración máxima de 2.0 mg/l.

En general, los cultivos muy sensibles a este elemento presentan síntomas de toxicidad a concentraciones de 1.0 mg/l; los cultivos semitolerantes al boro presentan síntomas de intoxicación a concentraciones entre 1 y 2 y los tolerantes a concentraciones de 2 a 4 mg/l. Ref.(4). En la tabla 7.2 se presenta la tolerancia de diversas plantas al boro.

7.11.- C A D M I O.

El Reglamento (1) fija para clase D-III, una concentración máxima de 0.005 mg/l de éste elemento.

Los efectos que produce el riego con concentraciones mayores de cadmio son; reducción en la productividad de algunas legumbres. Es un elemento acumulativo en la cadena alimenticia, por lo que su presencia constituye un riesgo para la alimentación humana. Ref. (3).

7.12.- C R O M O.

El Reglamento (1) fija como máximo para clase D-III, una concentración de 5.0 mg/l como cromo hexavalente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 7.2

Tolerancia relativa de los cultivos a la presencia del boro en las aguas de riego

TOLERANTES	SEMI-TOLERANTES	SENSIBLES
<p>4 ppm</p> <p>ESPARRAGO</p> <p>PALMA DATILERA</p> <p>REMOLACHA AZUCARERA</p> <p>REMOLACHA FORRAJERA</p> <p>BETABEL</p> <p>ALFALFA</p> <p>FRIJOL</p> <p>CEBOLLA</p> <p>NABO</p> <p>COL</p> <p>LECHUGA</p> <p>ZANAHORIA</p>	<p>2 ppm</p> <p>PAPA</p> <p>ALGODON</p> <p>TOMATE (litomate)</p> <p>RABANO</p> <p>CHICHARO</p> <p>OLIVO</p> <p>CEBADA</p> <p>TRIGO</p> <p>MAIZ</p> <p>SORGO</p> <p>AVENA</p> <p>CALABAZA</p> <p>PIMIENTO</p> <p>CAMOTE</p> <p>FRIJOL LIMA</p>	<p>1 ppm</p> <p>NUEZ ENCARCELADA</p> <p>NOGAL</p> <p>FRIJOL NAVY</p> <p>CIRUELO</p> <p>PERAL</p> <p>MANZANO</p> <p>VID</p> <p>HIGO KADOTA</p> <p>CEREZO</p> <p>DURAZNO</p> <p>CHABACANO</p> <p>ZARZAMORA</p> <p>NARANJO</p> <p>AGUACATE</p> <p>TORONJA</p> <p>LIMON</p>
2 ppm	1 ppm	0.3 ppm

FUENTE REF. (9)

TIPOS COM
FALTA DE ORIGEN

En estudios realizados en Rhodesia se encontró que concentraciones de 1.0 mg/l de cromo en la solución de nutrientes en suelos de cultivo arenoso resultan tóxicos para el maíz; concentraciones de - - 5.0 mg/l reducen el crecimiento del tabaco y concentraciones de 1.0 mg/l reduce el crecimiento de los tallos del tabaco. Ref. (4).

7.13.- M E R C U R I O.

El mercurio que llega al suelo, se precipita inmediatamente y, por lo tanto, es absorbido por las raíces de las plantas que llegan a presentar síntomas de toxicidad. Presenta riesgos a la alimentación humana por ser acumulativo en la cadena trófica. Ref. (4). El Reglamento (1) no fija límite para éste elemento en agua para riego agrícola e industrial clase D-III.

7.14.- P L O M O.

El Reglamento (1) fija como valor máximo permisible de éste elemento, para clase D-III, 5.00 mg/l.

La fitotoxicidad del plomo es relativamente baja, aunque el comité de Estados Unidos de los Efectos Biológicos de las contaminantes de la Atmósfera (Committee on the Biological Effects of Atmospheric Pollutants) concluyó que actualmente no existen suficientes evidencias para mostrar que el plomo, tal como se presenta en la naturaleza, resulta tóxico a la vegetación.

En el Water Quality Criteria, se concluyó que el plomo en concentraciones extremas reduce el crecimiento de las raíces e inhibe la proliferación celular. Es un elemento acumulativo en la cadena alimenticia, por lo que puede representar un riesgo en la alimentación humana. Ref. (3).

7.15.- S E L E N I O.

El reglamento (1) fija una concentración máxima de ese elemento de 0.05 mg/l en aguas para riego agrícola e industrial. (clase D-III).

El selenio es tóxico a bajas concentraciones y pequeñas cantidades agregadas al suelo incrementan el contenido de selenio en forrajes a niveles tóxicos para el ganado. Además reduce la productividad de forrajes.

En otros estudios realizados, se ha encontrado que concentraciones de selenio de 0.025 mg/l en la solución de nutrientes en el suelo de--

crece la producción de cultivos de alfalfa.

7.16.- C I A N U R O S.

El ion cianuro, es muy tóxico, como los cianuros alcalinos simples - forman CN^- cuando se disocian en soluciones acuosas, presentan en consecuencia, una alta toxicidad. Muchos de los cianuros metálico- - alcalinos son bastante estables en soluciones acuosas, y por tanto, - poseen escasa o nula toxicidad. Bajo ciertas condiciones, estos com- - plejos se descomponen y presentan varios grados de toxicidad, depen- - diendo del metal presente y de la proporción de grupos CN que se con- - vierta a cianuros alcalinos simples con su CN^- tóxico.

La presencia de cianuro en el agua, tiene un efecto de significación sobre la actividad biológica del sistema. Por ejemplo: Dodge y Reams, encontraron que el límite de toxicidad hacia los peces, en un tiempo infinito es de 0.1 mg/l como CN^- . Ludzac observó que los microor- - ganismos causantes de la autopurificación se inhiben por un contenido de CN^- de 0.3 mg/l o más. Los límites de toxicidad se afectan por la calidad del agua, por la temperatura y por el tiempo y tamaño de los organismos, por lo que es difícil definirlos. Ref. (8).

7.17.- F E N O L E S.

Concentraciones muy bajas de fenoles, imparten un sabor tan desagra- - dable que no es probable que cantidades perjudiciales puedan ser con- - sumidas sin darse cuenta.

En concentraciones bajas, las bacterias usan los fenoles como alimento. Las concentraciones letales para los peces están relacionadas, en par- - te, con las especies, tiempo de contacto, temperatura y otras condicio- - nes. En base a ciertos datos, 5.0 PPM pudieran ser tóxicas a la mayo- - ría de los peces, no así 1.0 PPM o menos. Ref. (4 y 8) .

7.18.- R. A. S.

La relación de adsorción de sodio (RAS) es uno de los índices más di- - fundidos para medir el peligro de sodificación que presenta el agua - de riego y está correlacionado con el porcentaje de sodio intercam- -

biable del suelo que está en equilibrio con el agua de riego. Ref. (9).

Se calcula de la siguiente forma:

$$R.A.S. = \sqrt{\frac{Na}{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

todos los términos están expresados en m.e./lt.

La bondad de un agua puede determinarse desde cierto punto de vista práctico de dos maneras:

a).- Cuando solo interesa conocer de una forma somera si el agua por utilizarse es buena o simplemente no es recomendable. Esto se puede basar en los resultados analíticos del agua de riego.

b).- Cuando los resultados aparecen con ^a valores inferiores, los cuales pueden sugerir que el agua de riego puede ser condicionada a diferentes factores.

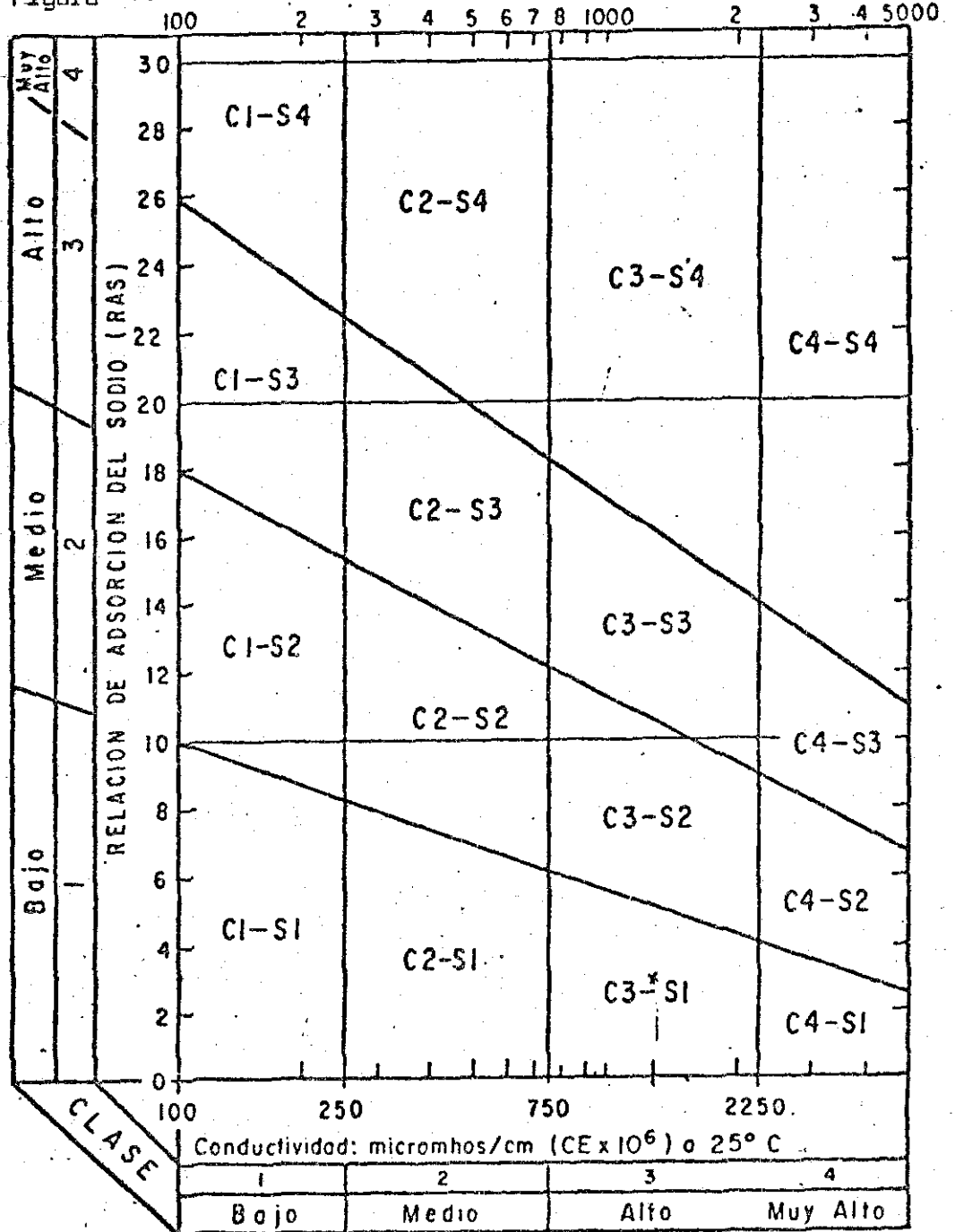
En el primer caso podemos ver que con una simple determinación de C.E. y R.A.S. podemos evaluar la calidad del agua.

Sin embargo éste tipo de clasificación es ^{ente} simplemnte de, diagnóstico más no específico como lo es el segundo caso donde es necesario además del conocimiento de las características químicas del agua, información adicional sobre los cultivos, suelos y condiciones de manejo - donde va a ser utilizada.

La figura 7.1, muestra un diagrama para la clasificación de las aguas para riego, que muestra diferentes rangos para los posibles peligros de sodicidad y salinidad en suelos.

Algunas referencias (6 y 7), mencionan que, las concentraciones máximas en aguas para riego son; C.E. 2,000 micromhoms/cm. y para - - - R.A.S. = 6.0. Hacen mención que para valores mayores en México, SARH fijará el valor definitivo.

Figura 7.1



GRAFICA 1

Diagrama para la clasificación de las aguas de riego por su $CE \times 10^6$ y por su RAS*

*Tomada del Manual de Agricultura No. 60, del USDA, traducción del INIA.

Fuente Ref. (9)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Finalmente se define el agua de baja salinidad y agua baja en sodio que de acuerdo a un criterio práctico sirve para evaluar la calidad del agua que se usará en riego.

Agua de baja salinidad (C_1); puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo y con muy poca probabilidad que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

Agua baja en sodio (S_1); puede ser usada para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sencibles, como algunos frutales y aguacate, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

7.19.- C O B R E.

El Reglamento (1), fija para clase D-III, una concentración máxima de cobre de 1.0 mg/l.

Se ha demostrado que cuando el cobre contenido en la solución de nutrientes en el suelo se encuentra en concentraciones entre 0.1 y 1.0mg/l resulta tóxico para un gran número de plantas. Ref. (4).

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

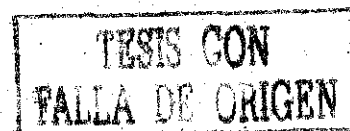
- 8.1.- El sistema regional Toluca-Lerma, presenta innovaciones en sus procesos tales como; desarenador- desengrasador, floculación química y filtros prensa. Se considera que éstos procesos no están de acuerdo a la economía del país, por lo que es necesario desarrollar una tecnología más adecuada para el tratamiento de las aguas residuales, dejando de lado procesos sofisticados que incrementen los costos de inversión, operación y mantenimiento del proceso.
- 8.2.- Las características actuales del influente a la planta, difieren con las bases de diseño presentadas por la empresa que diseñó y construyó el sistema, sobre todo en lo referente a; sólidos sedimentables, Grasas y Aceites, metales pesados, y Gasto. Lo anterior influirá y se reflejará en la operación de la planta.
- 8.3.- Del análisis hecho (capítulo 6) se deduce que la DBO₅ y las grasas y aceites no cumplieran con las condiciones particulares de descarga fijadas por la SARH, ya que se necesitan eficiencias globales arriba de 93% para la DBO₅ y 93.3% para las grasas y aceites. El cumplimiento de éstas condiciones con las instalaciones y equipos con que cuenta la planta resulta difícil, por lo que se recomienda analizar las siguientes alternativas simultáneamente.
- a).- Determinar en la planta, bajo condiciones de operación las concentraciones de esos parámetros en el efluente.
- b).- Definir y negociar con la S.A.R.H. los valores establecidos para esos parámetros de acuerdo con la capacidad de asimilación del río Lerma.
- 8.4.- Otro parámetro contemplado en las condiciones particulares de descarga fijadas por la S.A.R.H. con que no se cumplirá, es el referente a coliformes. Se pudo comprobar en base a resultados de

laboratorio y visitas hechas a la planta de tratamiento que no se está clorando el efluente.

- 8.5.- En base a datos de laboratorio y a gráficas hechas (ver cap. II) se comprobó, que el influente a la planta las concentraciones de DBO_5 , G y A, SSe, Plomo, cobre y Cromo, se presentan con cargas "shock" y debido a la toxicidad de los metales pesados y sustancias tóxicas, el proceso biológico presenta una alta vulnerabilidad a los cambios extremos (cargas "shock") en la calidad de las aguas a tratar.
- 8.6.- De acuerdo a las variaciones influentes de metales pesados y sustancias tóxicas, se observa que es necesario construir un tanque homogenizador que proteja de cargas "shock" al proceso biológico.
- 8.7.- El floculador químico, se reduce a una unidad de mezclado instantáneo, en donde se ajusta intermitentemente el pH al valor deseado, debido a la mezcla rápida inducida por el aerador central. Se pudo comprobar en la planta que en el proceso no se forman flóculos, por lo que el objetivo del floculador es únicamente proveer un mezclado instantáneo para ajustar el pH. Debido a la forma de agitación se prevé que se tendrán zonas muertas en las esquinas del tanque, debido a su geometría se considera que hubiera sido más idónea la construcción de una unidad circular para el mismo volumen.
- 8.8.- Existe una variación bastante grande en la concentración de sólidos sedimentables que entra a la planta y la concentración que se tomó de base para el diseño de sedimentadores primarios y tolvas de sólidos, y debido a que la planta está construida y no se puede cambiar las dimensiones de las tolvas, será necesario bombear los lodos que se almacenen en las tolvas con períodos más cortos, ya que se tendrán concentraciones mucho mayores de sólidos que las esperadas de acuerdo al análisis hecho en el capítulo VI.
- 8.9.- De acuerdo al análisis hecho (cap. IV), las instalaciones y equipo (aeradores) con que cuentan los reactores biológicos son insuficien

tes para satisfacer la necesidad media de O_2 en el sistema.

- 8.10.- La selección del proceso aerobio para la estabilización del lodo fué una medida adecuada, ya que la experiencia en la operación de digestores anaerobios ha sido muy mala en México, y esta comprobado que aún en condiciones de laboratorio presenta más problemas que la digestión aerobia. El proceso anaerobio es muy sensible y requiere además de mecheros de alivio para eliminar riesgos por el gas metano.
- 8.11.- En la deshidratación de lodos los filtros a presión presentan ventajas en cuanto al tiempo del ciclo de filtración y la eficiencia en tiempo de lluvias, si se les compara con los lechos de secado, pero los costos más importantes relacionados con este método son los del acondicionamiento químico y mantenimiento de bandas filtrantes, que serán demasiado costosas para nuestro medio.
- 8.12.- Se pudo comprobar en algunos análisis de laboratorio que existe -- una remoción de sustancias tóxicas y metales pesados en algunos procesos que no fueron diseñados para remover esos parámetros, se podría llamarlas remociones involuntarias, esto corroborará lo que algunos autores mencionan en la literatura especializada. Por otro lado -- ésto coadyuva a obtener un efluente de la planta menos contaminado, pero los lodos tendrán un mayor contenido de metales pesados.
- 8.13.- El uso del efluente en riego agrícola puede representar serios problemas debido a las grasas y aceites que interfieren con la permeabilidad de los suelos y por los organismos patógenos y coliformes que limitan su uso a ciertos cultivos.
- 8.14.- Aunque la DBO_5 no cumplirá con las condiciones particulares de descarga, parece que no representa peligro alguno si el efluente se usa en riego agrícola. Actualmente existe poca información relativa a los efectos ocasionados sobre las plantas por el riego con aguas que contienen altas concentraciones de DBO_5 .



8.15.- La empresa Española Daniel García Buñol que construyó la planta, recomienda pararla una vez al año, a fin de reparar equipo y darle mantenimiento. Se concidera que esa medida no es adecuada, es conveniente usar solo parte de las unidades y alternarlas para dar mantenimiento, aprovechando el bajo gasto (250 l/s) de operación.

8.16.- RECOMENDACIONES.

Debido a la reducción en el gasto influente será conveniente operar adecuadamente la planta a fin de no incrementar los tiempos de retención en los procesos, se recomienda usar el 25% de los sedimentadores primarios y los reactores biológicos. Por otra parte, el 75% restante es conveniente alternarlo para evitar que el equipo instalado se deteriore.

8.17.- Es conveniente, aprovechando el bajo gasto influente a la planta, adicionar 100 ó 200 l/s de aguas municipales para suplir los deficits que se tienen de nutrientes (P y N) evitando adicionarlos en forma externa. Esto ayudaría a bajar el costo de operación del sistema.

8.18.- El pH influente a la planta generalmente es ácido, es conveniente controlarlo antes de la floculación, a fin de proteger el equipo (rejas, bombas, etc.) de los efectos corrosivos.

8.19.- Es conveniente incorporar a la operación el proceso de cloración para minimizar riesgos si el efluente se usa en riego agrícola, o como abrevadero de ganado. Así mismo, con ello se cumpliría lo estipulado en las condiciones particulares de descarga fijadas por la S.A.R.H.

8.20.- La cloración de las aguas residuales no reduce considerablemente las concentraciones de DBO, por lo que no es conveniente intentar oxidar la materia orgánica con cloro, ya que se formarían compuestos organoclorados (ver tabla 6.6) dañinos al medio ambiente.

8.21.- Como tema de investigación, se recomienda estudiar a escala piloto o de laboratorio las remociones de metales pesados y otras sustancias tóxicas que se remueven en los clarificadores primarios, reactores biológicos y sedimentadores secundarios.

8.22.- Se recomienda estudiar a fondo la floculación, teniendo en cuenta cuanta carga (DBO, metales pesados, sustancias tóxicas, etc.) resiste el sistema, a fin de contemplar posibles ahorros en la adición de productos químicos, que encarecen el costo de operación del sistema.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IX.- BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS. (Diario Oficial 29 de Marzo de 1973).
- 2.- WASTEWATER ENGINEERING: Collection, Treatment and Disposal. Metcalf and Eddy. 1977.
- 3.- PURIFICACIÓN DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES. Fair, Gueyer and Okum. 1979.
- 4.- WATER POLLUTION CONTROL.- Eckenfelder and Ford. 1970.
- 5.- INTRODUCTION TO WASTEWATER TREATMENT PROCESSES. R.S. Ramalho. 1977.
- 6.- DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO MUNICIPALES. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación S.A.R.H. 1975.

REFERENCIAS.

- 1.- PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA. RESULTADOS Y PROYECCIONES, PLANES Y ESTRATEGIAS NACIONALES. Programa 1971-1976 - (2da. Edición) Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. S.A.R.H.
- 2.- PROYECTO EJECUTIVO PARA LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DEL SISTEMA TOLUCA-LERMA.- Daniel García Buñol.
- 3.- WATER QUALITY CRITERIA.- Environmental Protection Agency. U.S.A.
- 4.- INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DE DESCARGAS DE CONTAMINANTES Y SU EFECTO EN LA FLORA Y FAUNA ACUÁTICAS. S.A.R.H. C.I.E.C.C.A. - DIC. 1980.
- 5.- REMOCIÓN DE GRASAS Y ALEITES EN DISTRITOS REGIONALES PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA. Ing. Sergio Rodríguez G.- Dr. Raúl - Cuellar Ch. 2do. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 1980.

- 6.- CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL USO DE AGUAS RESIDUALES EN RIEGO AGRICOLA.- Dr. Raul Cuellar Chávez. 2 do. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 1980.
- 7.- TECNOLOGIA APROPIADA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN MEXICO. Simposio sobre Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales Municipales e Industriales. 1982.
- 8.- MANUAL DEL CURSO: ANALISIS DE AGUAS Y AGUAS DE DESECHO. S.A.R.H. - C.I.E.C.C.A.
- 9.- DIAGNOSTICO Y REHABILITACION DE SUELOS SALINOS Y SODICOS.- S.A.G. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN