

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO SOBRE LA POSIBLE FUENTE DE SUMI-
NISTRO DE AGUA PARA LAS TORRES DE ENFRIA-
MIENTO EN LA REFINERIA DE TULA.**

308

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N**

**MIGUEL ANGEL ROCA LOZANO
RAMON PORTILLO DE LA GARZA**

1 9 7 5



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.

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA
PROC. M1 273



QUÍMICA

J U R A D O

PRESIDENTE	Ing. Q. ENRIQUE BARRIGA GUZMAN
VOCAL	Ing. Q. CARLOS DOORMAN MONTERO
SECRETARIO	Ing. Q. JOSE F. GUERRA RECASENS
1er. SUPLENTE	Ing. Q. ENRIQUE JIMENEZ RUIZ
2do. SUPLENTE	Ing. Q. GERARDO BAZAN NAVARRETE
SITIO DONDE SE DESARROLLA EL TEMA	INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
SUSTENTANTES	MIGUEL ANGEL ROCA LOZANO RAMON PORTILLO DE LA GARZA
ASESOR DEL TEMA	Ing. Q. CARLOS DOORMAN MONTERO

A MI ADORADA ESPOSA

ANA MARIA

CON CARÍÑO A MIS HIJOS

MIKI Y TOÑO

A MIS QUERIDOS PADRES

FELIPE ROCA

VICENTA LOZANO DE ROCA

A MIS FAMILIARES

A MI JURADO

CON ADMIRACION Y RESPETO A LOS INGENIEROS

CARLOS DOORMAN M. Y
FELIPE OCAMPO T.

A MIS AMIGOS, MAESTROS Y A TODAS
AQUELLAS PERSONAS QUE EN ALGUNA
FORMA CONTRIBUYERON A LA REALIZA
CION DE ESTE TRABAJO

MIGUEL ANGEL

INDICE

- CAP. I INTRODUCCION
- CAP. II Generalidades y usos del agua potable dentro de una Refinería
- CAP. III Selección de las estaciones de muestreo
 - 3.1 Aguas negras
 - 3.2 Aguas superficiales claras
 - 3.3 Aguas del subsuelo
 - 3.4 Frecuencia y período de muestreo
- CAP. IV Métodos de análisis usados para la caracterización de estas aguas
- CAP. V Características estacionales de cada uno de los tipos de agua
 - 5.1 Aguas superficiales
 - 5.2 Aguas de subsuelo
 - 5.3 Aguas negras
 - 5.4 Observaciones finales
- CAP. VI Selección de la tubería de abastecimiento
 - 6.1 Análisis de alternativas
 - 6.2 Cálculo de tuberías
 - 6.3 Estudio económico
- CAP. VII Diseño de la planta tratadora de agua para la Refinería de Tula
 - 7.1 Bases de diseño para los tanques primarios, secundarios y aereador
 - 7.2 Tratamiento preliminar
 - 7.3 Sedimentador primario
 - 7.4 Tanque aereador
 - 7.5 Sedimentador Secundario
 - 7.6 Accesorios para medición y control
 - 7.7 Canales
- CAP. VIII Estudio Económico
 - 8.1 Inversión inicial
 - 8.2 Costos estimados de tratamiento
 - 8.3 Resumen de los costos anuales de operación
- CAP. IX Conclusiones
- CAP. X Referencias bibliográficas

C A P I T U L O

I

INTRODUCCION

La zona donde se localizará la nueva Refinería de Tula en el Estado de Hidalgo, requerirá en su primera etapa de trabajo programada para mayo de 1974, un consumo de 625 lt/seg de agua, que puede ser: agua superficial (agua de precipitación pluvial y ríos), agua del subsuelo (agua de manantiales y pozos) o agua negra (desechos municipales - acompañados de desechos industriales generalmente), todos provenientes al Distrito de Riego 03 del Río Tula, véase Figura 1.1; que son las que se usarán como agua de repuesto (previo tratamiento) en las torres de enfriamiento de la Refinería.

La situación actual de esta zona, cuenta principalmente con la Presa Requena de aguas limpias (no contaminada con aguas negras), que se alimenta de la Presa Taxhimay y del Río Tepeji. Vierte sus aguas a través del Canal Requena sobre las áreas de riego. La otra presa importante es la Endó, a la cual llegan las aguas negras del Canal Den_udó; este canal se origina en la presa denominada El Tablón, localizada en Atitalaquia con aguas negras provenientes del Gran Canal (Canal del Desagüe del Distrito Federal). La presa Endó, vierte sus aguas a las áreas de riego a través del Canal Endó y del Río Tula; éste es alimentado también con aguas del Río Salado.

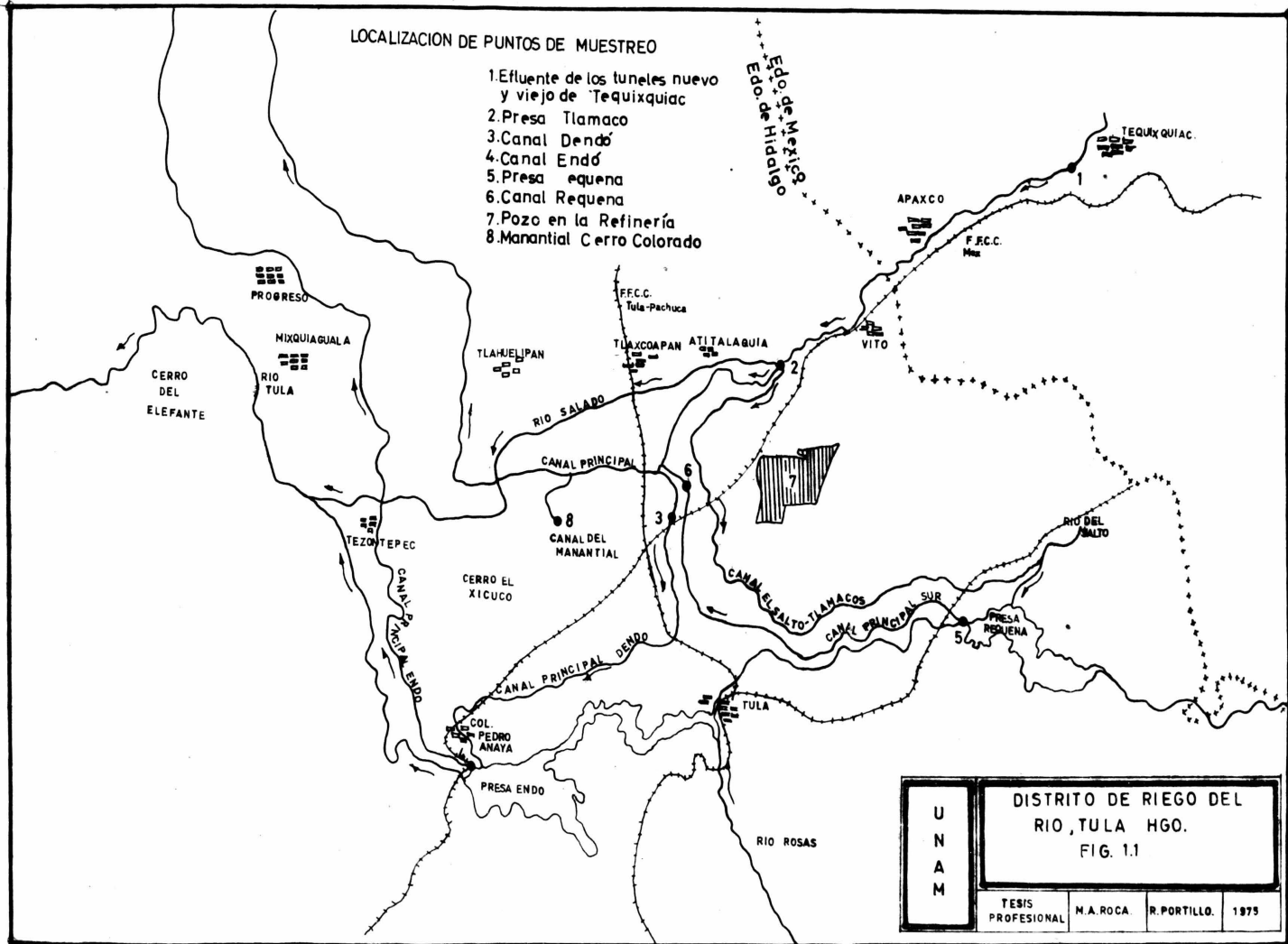
Se pretende efectuar la toma de estas aguas de los afluentes disponibles en la zona y utilizarlas dependiendo de su calidad (previo tratamiento), como repuesto en el sistema de enfriamiento.

En relación con las impurezas de las diferentes fuentes de abastecimiento, pueden variar notablemente tanto el tipo como la cantidad de contaminantes, especialmente en las aguas negras, cuya composición puede variar de hora en hora y en diferentes puntos de muestreo, debido a la acción biológica de los microorganismos y al contacto del aire.

Con los datos resultantes de los análisis, se escogerá el punto conveniente para la alimentación del agua a la planta de tratamiento, así como también se diseñará dicha planta; cuyo diseño será función de las condiciones de entrada del agua negra y de las especificaciones de alimentación del agua tratada a las torres de enfriamiento. Tomando los costos de la planta de operación y mantenimiento, se hará un estudio económico de la planta de tratamiento.

LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

1. Efluente de los tuneles nuevo y viejo de Tequixquiac
2. Presa Tlamaco
3. Canal Dendó
4. Canal Endó
5. Presa equena
6. Canal Requena
7. Pozo en la Refinería
8. Manantial Cerro Colorado



U N A M	DISTRITO DE RIEGO DEL RIO, TULA HGO.		
	FIG. 1.1		
	TESIS PROFESIONAL	M.A. ROCA	R. PORTILLO
			1975

C A P I T U L O

II

GENERALIDADES Y USOS DEL AGUA DENTRO DE UNA REFINERIA.

Los requerimientos de agua en una refinería básicamente pueden considerarse de tres tipos, dependiendo de sus usos y son los siguientes:

- 1) Agua para calderas.
- 2) Agua para enfriamiento.
- 3) Agua para uso potable.

1) Agua para calderas:

El agua utilizada para calderas es de calidad superior a los otros dos tipos de aguas; ésto se debe a los problemas de incrustación y corrosión que pueden presentar las sales que contienen estas aguas cuando se evaporan dentro de las calderas.

En la Tabla 2.1 se mencionan las principales características - que pueden poseer estas aguas, según en la caldera que se vaya a usar, ésta puede ser para producir vapor de alta o baja presión.

2) Agua para enfriamiento:

El mayor volumen que se utiliza de agua dentro de una refinería, es para fines de enfriamiento (torres de enfriamiento, intercamb-

biadores de calor); las principales limitaciones del uso de este tipo de agua lo constituyen: Sílice, carbonatos, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y alcalinidad principalmente.

A continuación en la Tabla 2.2 se hace mención de las principales características de los diferentes tipos de agua utilizada en las torres de enfriamiento en algunas refinerías:

TABLA 2.1

ESPECIFICACIONES QUE DEBE TENER EL AGUA
PARA SU USO EN CALDERAS.

Presión de Operación. (psig)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos suspendidos (ppm)	Alcalinidad Total (ppm)
0- 300	3,500	700	300
301- 450	3,000	600	250
451- 600	2,500	500	150
601- 750	2,000	400	100
751- 900	1,500	300	60
901-1,000	1,250	250	40
1,001-1,500	1,000	200	20
1,501-2,000	750	150	10
2,001-a más	500	100	5

ESPECIFICACION PARA AGUA DE ENFRIAMIENTO A LA
REFINERIA DE TULA.

PRUEBAS :	Valor máximo:	Observaciones:
Calcio	140	ppm CaCO ₃
Magnesio	100	ppm CaCO ₃
Hierro	0.5	ppm Fe
Aluminio	0.1	ppm Al
Cloruros	300	ppm Cl ⁻
Bicarbonatos	700	ppm CaCO ₃
Carbonatos	50	ppm CaCO ₃
Sulfatos	100	ppm SO ₄ ²⁻
Alcalinidad "Metilo"	700	ppm CaCO ₃
Alcalinidad a la "F"	25	ppm CaCO ₃
Dureza total	250	ppm CaCO ₃
Sílice*	70	ppm SiO ₂
Sólidos totales	1,500	ppm
Sólidos suspendidos	10	ppm
Turbiedad	10	ppm Escala SiO ₂
pH	8.4	-----
Alquil bencensulfonato	1.0	ppm ABS
Demanda Quím. Oxígeno	20.0	ppm DQO
Demanda Bioquím. Oxígeno	15.0	ppm DBO
Nitrógeno amoniacal	0.0	ppm N ₂ de NH ₃
Nitrógeno nitratos	20.0	ppm N ₂ de NO ₃
Grasas.	15.0	ppm Grasas

(*) Base 2.5 ciclos de concentración.

3) Agua para uso potable:

El uso de agua potable en una refinería es muy variable, ya que puede utilizarse en servicios de incendios, lavado de redes generales de alcantarillado, baños e inodoros, riego, etc.

En la Tabla 2.3 se indican las especificaciones que debe tener una agua potable.

CARACTERISTICAS DE AGUA POTABLE COMUN. (*)

plt. temperatura °C	6.5 a 8.5 C.N 2.5° (a)
Bacterias NMP Colis/100 ml.	200 fecales límite máximo (b)
Aceites y Grasas mg/l.	0.76 límite máximo
Oxígeno Disuelto mg/l.	promedio diario de 4.0 límite mínimo
Sólidos disueltos mg/l.	no mayor de 1,000
Turbiedad. ppm	10 como máximo
Color escala platino-cobalto.	20
Olor y sabor	ausentes
Nutrientes Nitrógeno y fósforo.	(c)
Materia flotante	ausente
Mercurio mg/l.	0.005
Fenoles mg/l.	0.001

NOTAS:

- (*) Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas S.R.H.- Diario Oficial. 29-III-73
- (a) Máximo 308 excepto cuando sea causada por condiciones naturales.
- (b) En no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 mínimo), deberá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.
- (c) No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.

C A P I T U L O

III

SELECCION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Para la selección de las estaciones de muestreo, se ha tomado la situación actual y futura de la Cuenca del Río Tula. De esta manera, los puntos quedaron establecidos como sigue: (véase Figura 1.1)

3.1 AGUAS NEGRAS:

- 1) Efluente de los túneles nuevo y viejo en Tequizquiac (Gran Canal del Distrito Federal) con un gasto de $30 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- 2) Efluente de la Presa Tlamaco, cerca de Atitalaquia, el muestreo en este punto tiene por objeto conocer la variación del agua del Gran Canal desde Tequizquiac hasta Atitalaquia; posee un gasto aproximado de $30 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- 3) Canal Principal Dendó, se ha considerado para poder comparar la calidad del agua antes y después de que descarguen los efluentes de desecho de la Refinería, ya que puede ser un punto adecuado para estos fines. La capacidad del Canal es de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$.

- 4) Canal Principal Endó, se localiza a la altura del cruce de la vía del ferrocarril. Su selección tuvo por objeto prevenir modificaciones futuras con la operación del emisor Central del Departamento del Distrito Federal. Este punto no será afectado según información en el Distrito de Riego 03 de Mixquiahala, Hgo. La capacidad de este Canal es de $10 \text{ m}^3/\text{seg}$.

3.2 AGUAS SUPERFICIALES CLARAS:

- 5) Efluente de la Presa Requena, con un gasto aproximado de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- 6) Canal Principal Requena, a la altura del cruce con la vía del ferrocarril, con un gasto de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$. Se considera este punto con objeto de conocer la variación que pueda sufrir el agua partiendo del efluente de la Presa Requena a dicho punto.

3.3 AGUAS DEL SUBSUELO (POZOS Y MANANTIALES):

- 7) Manantial Cerro Colorado, con gasto de $1,200 \text{ lt}/\text{seg}$.

3:4 FRECUENCIA Y PERIODO DE MUESTREO

Como se mencionó anteriormente, en las diferentes fuentes de abastecimiento de agua, las impurezas pueden variar tanto en el tipo como en la cantidad de contaminante, sobre todo en las corrientes superficiales de aguas negras, que suelen presentar variaciones de hora en hora, siendo menor esta variación en las corrientes superficiales claras y aún menor en el agua de pozo.

Tomando en cuenta lo anterior, se recomienda llevar a cabo un programa de muestreo y análisis durante un año, con objeto de tener resultados comparativos día a día del comportamiento de las aguas. El programa que se encuentra ilustrado en la Tabla 3.1, se llevará a cabo de la manera siguiente:

Para las aguas negras se tomarán cuatro muestras por mes a una hora determinada, que será la más crítica, es decir, cuando el agua esté más contaminada y dos muestras integradas por mes, formada con muestras tomadas cada cuatro horas durante veinticuatro horas.

Respecto a las aguas superficiales claras, éstas se muestrearán dos veces por mes.

C A P I T U L O

IV

METODOS DE ANALISIS USADOS PARA LA CARACTERIZACION DE
ESTAS AGUAS.

En el estudio de la selección de la alimentación de agua del Distrito de Riego 03 de la Refinería de Tula; el agua se caracterizará en distintos puntos (antes expuestos) de este Distrito, haciéndose periódicamente muestreos de cada punto y a cada una de las muestras se realizarán los siguientes análisis: metales, calcio, magnesio, cloruros, bicarbonatos, carbonatos, gases, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, fierro, manganeso, sodio, ácido sulfhídrico, grasas y aceite, fenoles, detergentes, demanda de cloro, fosfatos, oxígeno disuelto, sulfatos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, nitrógeno orgánico, dureza, alcalinidad F, alcalinidad AM, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, sólidos volátiles, sílice.

A continuación se hace un resumen muy general de la técnica seguida en cada uno de estos métodos y cuya referencia bibliográfica aparece en la Tabla 3.1

METALES (Abs. Atómica):

La muestra se disuelve en xileno, el líquido se aspira a través de una flama de óxido nitroso. El elemento se reduce y disocia, convirtiéndose sus átomos al estado basal; esto se logra excitando la muestra con radiación de longitud de ondas características. Como fuente de dicha radiación se usa una lámpara catódica. Para cada elemento por determinar, la fuente de radiación es específica. La energía que se registra como absorbancia o transmitancia, es debida al ser excitados los átomos, la cual es función de la concentración del elemento particular.

CALCIO:

Se toma una parte alícuota de muestra (25 - 50 ml), se pone en una cápsula de porcelana y se titula con EDTA, en presencia de purpurato de amonio (murexida) teniendo un cambio de color rojo a violeta.

MAGNESIO:

Dureza total-dureza del calcio, Dureza del Magnesio.

CLORUROS:

A una parte alícuota de la muestra, se le agrega solución de di cromato de potasio hasta que se desarrolle un color verde limón, titulando después con solución de nitrato de plata hasta la aparición de un color rojo ladrillo.

BICARBONATOS:

Se hace lo mismo que para la alcalinidad AM, usando un equiva lente químico para el ión bicarbonato.

CARBONATOS:

Se hace lo mismo que para la alcalinidad AM, usando un equiva lente químico para el ión carbonato.

GASES CO₂:

En el lugar donde se toma la muestra, (muestreador DBO) se añaden 5 gotas de fenolftaleína a la muestra respectiva y se titula con carbonato de sodio hasta obtener color rosado.

FOSFATOS. (Método de Betz modificado).

Filtrar la muestra desechando los primeros 20 ml., ya que el papel absorbe parte de los fosfatos cuando se humedece, 10 ml. de muestra filtrada se pasan a un matraz aforado y se diluyen con agua destilada hasta la mitad aproximadamente del matraz, se le añaden 5 ml. de solución de molibdato de amonio en sulfúrico. (10 ml. de solución de molibdato de amonio al 10%, 30 ml. de ácido sulfúrico al 50%), - 0.2 ml. de solución de cloruro de estaño al 10% y se aforan a 100 ml. con agua destilada, se dejan reposar durante 5 min. y se lee el resultado en un espectrofotómetro a $830\text{ m } \mu$ y 0.04 de abertura, la solución de molibdato de amonio se debe preparar en el momento de su uso y la determinación no debe exceder de los 10 min.

OXIGENO DISUELTO:

A la muestra del frasco esmerilado, añadir 2 ml. de sulfato de manganeso, 2 ml. de solución nitruro, yoduro, agitar y dejar reposar de 5 a 10 min; agregar luego 2 ml. de H_2SO_4 conc., agitar y dejar reposar 10 min.; tomar una parte alícuota de 200 ml. y titular con iio-sulfato en presencia de almidón, hasta que desaparezca el color azul. (La solución queda incolora).

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO:

Se colocan en un matraz 300 mg. de sulfato de mercurio, 10 ml. de muestra, 10 ml. de agua destilada, 10 ml. de solución 0.25 N de dicromato de potasio y 30 ml. de ácido sulfúrico conc. conteniendo 10 gr/lt. de ácido sulfúrico, se lleva a reflujo durante 2 hs. y se titula con solución de sulfato de fierro amoniacal en presencia de un indicador (ferroin), hasta un color café.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO:

En un frasco especial para este tipo de análisis agregar 150 ml. de agua de dilución, (18 gr. de cloruro férrico, 18 gr. de sulfato de magnesio y 18 gr. de fosfato de amonio, aforando a 1 lt. con agua destilada), 5 ml. de muestra y completar el aforo del frasco con más agua de dilución, ésto se lleva a la estufa durante 5 días a 20°C, la muestra se corre con un testigo conteniendo sólo agua de dilución, después de 5 días determinar el oxígeno disuelto de cada una de las muestras haciendo una diferencia entre una y otra.

FIERRO, MANGANESO Y SODIO:

Estos metales se determinan por absorción atómica, en forma similar al método visto anteriormente en este capítulo. (Esta de terminación no se llevó a cabo).

SULFATOS:

Se calibra el espectrofotómetro con agua destilada a 420 m μ . Se añaden 10 ml. de muestra en un matraz aforado de 50 ml., se agregan 15 ml. de solución ácida de cloruro de sodio (solución de cloruro de sodio 1N y solución de ácido clorhídrico 0.2N), se afora a 50 ml. con agua destilada y se pasa a un vaso de 150 ml., a éste se le añaden 10 ml. de solución alcohólica de glicerina, 0.5 g. de cloruro de boro y se agita hasta disolución completa; se deja reposar un minuto y se determina la absorbancia (1), esta determinación no debe exceder de -- 5 min. Se prepara un blanco sustituyendo la muestra por agua destilada y se toma la absorbancia (2). Se determina la absorbancia (3) debido a la turbidés de la muestra, para ello se colocan 10 ml. de muestra y se diluyen a 60 ml.

Absorbancia (2) + Absorbancia (3) - Absorbancia (1) =
Absorbancia (4).

La absorbancia (4) se compara con un patrón previamente hecho y de ahí se obtiene la cantidad de sulfato.

ACIDO SULFHIDRICO:

En el lugar donde se toma la muestra (muestreador DBO), se añaden 300 mg. de yoduro de potasio, 5 ml. de yodo y 1 ml. de almidón; se titula con tiosulfato de sodio hasta desaparición del color azul.

GRASAS Y ACEITE:

En un embudo de separación, se colocan 250 g. de muestra, acidulando con ácido sulfúrico al 10%, se añaden 100 ml. de cloroformo, agitando hasta separación de capas, separando la capa no acuosa, evaporando el cloroformo en un recipiente pesado previamente, la diferencia de peso será el contenido de grasas y aceite.

FENOLES:

A las grasas extraídas en el método anterior se le añaden 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado, 2 gotas de solución saturada de nitrato de sodio, se deja reposar de 30 a 45 min.; se añade solución alcohólica de hidróxido de amonio (450 ml. de alcohol isopropílico, 300 ml. de hidróxido de amonio concentrado, 250 ml. de agua destilada) hasta aforar a 100 ml. agregando ésta lentamente, se deja reposar de 30 a 60 min., determinando la absorbancia a una longitud de onda de 420 ml,

con respecto a una previa curva de calibración.

DETERGENTES:

Se toma una parte alícuota (10 ml.) de la muestra, se añaden 3 gotas de fenolftaleína, sosa al 10% hasta color rosa, ácido sulfúrico al 10% hasta decoloración, 25 ml. de solución de azul de metileno (0.03 g/l de azul de metileno), 25 ml. de cloroformo; separar la parte no -- acuosa y agregarle a la parte acuosa otros 25 ml. de cloroformo para una segunda extracción, lavar la parte no acuosa con una solución de fosfato ácido (50 g. de fosfato ácido de sodio monohidratado, 500 ml. de agua, 7 ml. de ácido sulfúrico concentrado, aforando a 1 litro con agua destilada). Agitar y separar filtrando en lana de vidrio, aforar a 100 ml. y determinar absorbancia con luz de longitud de onda de -- 652 ml.

DEMANDA DE CLORO:

A 250 ml. de muestra, se le va agregando solución de cloro de normalidad conocida, tomando muestra a cada $\frac{1}{2}$ ml. de solución agrega da de cloro, poniéndola en una placa de porcelana para titulación a la que previamente se le han añadido gotas de ortotoluidina (amarillo-verdoso) hasta obtener una coloración anaranjada.

DUREZA:

A una parte alícuota de muestra, se le agregan 2 ml. de solución reguladora (hidróxido de amonio, cloruro de amonio), se usa como indicador eriocromonegro-t y se titula con una solución valorada de sal etilen-diamina-tetraacética, hasta presencia de un color azul.

ALCALINIDAD F:

A una parte alícuota de muestra, se le agrega fenolftaleína como indicador y se titula con ácido sulfúrico valorado, hasta la presencia de un color rosa.

ALCALINIDAD AM:

A la misma muestra en la prueba de alcalinidad f, se le sigue agregando ácido sulfúrico valorado, hasta desaparición del color rosa, se agrega anaranjado de metilo y se sigue titulando con ácido sulfúrico hasta que se produzca un color canela.

SOLIDOS:

Se filtra la muestra en un Gooch de porcelana con asbesto, cuyo

peso es conocido, los sólidos suspendidos quedan en el Gooch y en el filtrado se tienen los sólidos disueltos; el Gooch se mete a la estufa a 130°C, por diferencia de peso se tienen los sólidos suspendidos totales, posteriormente éste mismo Gooch se mete a la estufa a 600°C durante 30 min. y por diferencia de peso con los sólidos suspendidos totales, se obtienen los sólidos suspendidos fijos, por la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{Sólidos suspendidos totales} - \text{Sólidos suspendidos fijos} &= \\ \text{Sólidos suspendidos volátiles.} \end{aligned}$$

El filtrado se evapora a sequedad (104°C) en un recipiente de peso conocido y por diferencia de peso se tienen los sólidos disueltos totales, éstos se meten a la estufa (600°C) y por diferencia se obtienen -- los sólidos disueltos fijos, por la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{Sólidos disueltos totales} - \text{Sólidos disueltos fijos} &= \text{Sólidos} \\ \text{Disueltos volátiles.} \end{aligned}$$

por lo que:

$$\begin{aligned} \text{Sólidos suspendidos totales} + \text{Sólidos disueltos totales} &= \\ \text{Sólidos totales.} \end{aligned}$$

Sólidos suspendidos fijos + Sólidos disueltos fijos =

Sólidos fijos.

Sólidos suspendidos volátiles + Sólidos disueltos volátiles =

Sólidos volátiles.

DETERMINACION DE SILICE:

Se calibra el espectrofotómetro con agua destilada a 610 m μ . se pasa una muestra de 10 ml. a un matraz aforado. (Nota: Si son varias muestras hacerlas separadamente, es decir de una en una).

Agregar 1 ml. de ácido oxálico al 10%, 1 ml. de ácido clorhídrico concentrado, 5 ml. de solución de molibdato de amonio al 8%, 10ml. de solución de sulfito de sodio (17% anhidro o 2.7 N hidrato)

Inmediatamente aforar a 50 ml. con agua destilada y determinar la absorbancia (la lectura de la absorbancia debe hacerse en un rango de 1 a 3 min; después de agregado el sulfito de sodio), correr un testigo sustituyendo los 10 ml. de muestras con agua destilada.

NITROGENO AMONIAICAL

Se miden 250 cm^3 de muestra de agua clara⁽¹⁾ y 250 cm^3 de H_2O destilada en una matraz Kjeldahl, se añaden 5 gotas de fenolftaleína y se deja escurrir por la pared del matraz 2 ml. de NaOH 1 N sin agitar. Se conecta el matraz Kjeldahl al aparato de destilación y se agita (debe dar coloración); destilar hasta que el destilado esté libre de amoníaco, ésto se comprueba agregando unas gotas del reactivo de Nessler⁽²⁾ a una pequeña porción del destilado. Aproximadamente la cantidad de agua destilada es del 50% del volumen original y el destilado se recibe en un matraz conteniendo H_2O destilada.

Aforar a 250 cm^3 , se toma una alícuota (10 cm^3 es recomendable) + H_2O destilada hasta = 50 cm^3 + 1 ml. Nessler + agitar + aforar a 100 ml. + leer absorbancia a = $417 \text{ m}\mu$

(1) Si el agua es negra, la muestra será de 50 cm^3 y añadir 50 cm^3 de H_2O destilada.

(2) Reactivo Nessler: Disolver 50 gr KI en 50 ml. de H_2O destilada (No calentar). Agregar una solución saturada de cloruro mercúrico (22 gr. de HgCl_2 en 350 ml. de H_2O destilada) hasta ligero exceso; ésto se indica por la formación de un precipitado. Añadir 200 ml. de sosa 5N y aforar a 1 lt. Guardar en frasco ámbar y utilizar únicamente el líquido sobrenadante.

NITROGENO TOTAL

A 250 ml. de muestra se añaden 10 ml. de ác. sulfúrico concentrado y 1 ml. de soln. de CaSO_4 al 10% si se trata de agua negra y 5 ml. de H_2SO_4 conc. sin sulfato de cobre si se trata de agua ordinaria.

Se digiere en la campana hasta aparición de humos blancos y hasta que la solución sea incolora o ligeramente colorida, pero libre de partículas de carbón. Se enfría y se añaden 250 ml. de H_2O destilada y unas gotas de fenolftaleina y hacer alcalina la solución dejando escurrir por las paredes del matraz, sin agitar, aproximadamente 35 ml. de sosa al 50%. Se conecta al aparato de destilación, se agita y se sigue con el método para la determinación del nitrógeno amoniacal.

NITROGENO ORGANICO

Nitrógeno total - Nitrógeno Amoniacal = Nitrógeno Orgánico.

C A P I T U L O

V

CARACTERÍSTICAS ESTACIONALES DE CADA UNO

LOS TIPOS DE AGUA

En este capítulo se van a evaluar los resultados obtenidos de los análisis de cada uno de los tipos de agua, en los diferentes puntos de muestreo. Esta evaluación incluye un resumen de los muestreos llevados a cabo entre el segundo semestre de 1972 y el primer semestre de 1973.

Según el programa original, los diferentes puntos de muestreo fueron los siguientes. Aguas Negras: Efluente de los túneles nuevo y viejo en Tequixquiac, Presa Tlamaco, Canal Dendho y Canal Endho. Aguas Superficiales: Descarga de la Presa Requena y Canal Principal Requena. Aguas del Subsuelo: Pozo en la Refinería y Manantial Cerro Colorado.

Los resultados obtenidos en los análisis de las aguas negras se evaluaron tomando como referencia las gráficas No. 5.1 al No. 5.33.

5.1 AGUAS SUPERFICIALES. (Tabla 5.2)

En términos generales, se puede indicar que las características de estas aguas cumplen prácticamente con todos los valores recomendados para aguas de repuesto en las torres de enfriamiento, a excepción de los sólidos suspendidos. Por otra parte, es conveniente hacer notar que el Canal Requena (Tabla 5.1), en los meses de junio a diciembre por lo general está fuera de operación.

5.2 AGUAS DEL SUBSUELO. (Tabla 5.2)

Solamente se muestreó el Manantial del Cerro Colorado. La calidad del agua del Manantial es excelente, ya que todas sus características cumplen ampliamente con las especificaciones tentativas para aguas de repuesto en las Torres de Enfriamiento, a excepción de la dureza.

5.3 AGUAS NEGRAS.

1) Tequixquiac.

La calidad de estas aguas es sumamente variable, observándose que el grado de mayor contaminación se lleva a cabo en la época de estiaje, es decir, en los meses de enero a mayo.

- 1.1) Demanda química de oxígeno (DQO) y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). (Figuras 5.1 y 5.2)

La DQO al igual que la DBO presentan la tendencia de aumentar en la época de baja precipitación pluvial, alcanzando sus máximos valores en el mes de abril con 992 ppm y 448 respectivamente; sin embargo, sus promedios totales resultaron igual a 195 ppm para la DBO y 598 ppm para la DQO.

Por otra parte, de la literatura se tiene que la relación DBO/DQO para aguas domésticas es igual a 0.7, en tanto que según puede observarse de la Figura 5.3 esta relación permanece prácticamente constante e igual a 0.33; indicando con ello la presencia de desechos industriales en forma regular y que inhiben en cierta forma la acción biológica de los microorganismos contenidos en estas aguas (B.3).

- 1.2) Sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

Respecto a los sólidos totales, Figura 5.4 se puede mencionar en forma general que, en el período de bajo caudal, su intervalo de variación no es muy grande, oscilando entre 1,160 ppm y 1,560 ppm, a excepción de un sólo valor obtenido en el mes de abril e igual a 2,231 ppm; en forma contraria sucede en la época de llu

vias en donde los resultados obtenidos para estos sólidos oscila entre 860 ppm y 1,880 ppm, siendo el promedio total de 1,483 ppm.

Por lo que se refiere a los sólidos disueltos, Figura 5.5 la tendencia de la variación es la misma que para los sólidos totales, es decir, en forma general se obtuvieron valores menos en la época de estío. Respecto a los sólidos disueltos fijos, porción de los sólidos disueltos más difícil de eliminar, se puede decir que su ámbito es de 730 ppm a 1,000 ppm en el período de bajo caudal y prácticamente de 550 ppm a 1,300 ppm para las otras estaciones del año. La relación en por ciento de los sólidos disueltos volátiles, es decir los sólidos susceptibles de ser eliminados por tratamiento biológico, a sólidos disueltos totales oscila entre 1 y 38%. El promedio total de sólidos disueltos fijos es de 900 ppm.

En cuanto al contenido de sólidos suspendidos en este efluente, se observa un comportamiento diferente al de los sólidos mencionados anteriormente, o sea que su contenido es mayor en época de sequía.

1.3) Alcalinidad.

De la Fig. 5.6 puede hacerse mención que la variabilidad de la alcalinidad en estas aguas no es tan marcada como otras características, de tal forma que un 75% aproximadamente de los datos reportados se encuentran en el intervalo de 420 a 540 ppm de alcalinidad A.M., como CaCO_3 , indicando con ello que no se presentan fuertes variaciones de la alcalinidad en el transcurso del año. El valor máximo obtenido fué igual a 760 ppm y con un promedio total de 497 ppm. Asimismo, la tendencia de la alcalinidad es a disminuir en épocas de baja precipitación pluvial.

1.4) Dureza. (Figura 5.7)

La dureza como CaCO_3 acusa un incremento en la época de estiaje. Su intervalo de variación es de 160 ppm a 420 ppm, con un promedio total de 219 ppm.

1.5) Cloruros. (Figura 5.8).

El contenido de cloruros en este tipo de aguas presenta una tendencia similar a la alcalinidad; el 75% de los análisis obtenidos se localizan en el ámbito de 175 ppm - 250 ppm.

1.6) Sulfatos.

De la Fig. 5.9 se puede mencionar que los iones sulfatos presentes en esta primera estación de muestreo reflejan mucha variabilidad, no indicando aparentemente ninguna tendencia en las diferentes épocas del año. Sus resultados se encuentran en el intervalo de 20 ppm a 240 ppm.

~~1.7)~~ Nitrógenos y Detergentes. (ABS). (Figuras 5.10 y 5.11)

Ya que a la fecha; se dispone únicamente de datos a partir de enero de 1972 al 3 de mayo, no es posible evaluar cada una de estas características en cuanto a su variación en las diferentes épocas del año. Sin embargo, en forma general puede decirse que la concentración de cada uno de estos componentes se incrementó en los meses de marzo y abril.

1.8) Sílice. (Figura 5.12)

La tendencia de variación es a disminuir en la época de estiaje. El máximo valor obtenido fué de 48 ppm, el promedio total correspondió a 20.3 ppm y además el 85% de los resultados tienen valores inferiores a 34 ppm.

2). Presa Tlamaco.

Conforme las aguas avanzan en su recorrido mejoran su calidad, de tal forma que el contenido de contaminantes es mayor en Tequixquiac que en este punto de muestreo, presentándose también la misma variabilidad en cuanto a la calidad de estas aguas.

La evaluación de resultados para la Presa Tlamaco puede resumirse en los siguientes puntos:

2.1) Demanda Química de Oxígeno (QO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). (Figuras 5.13 y 5.14)

Los sólidos totales, aún cuando son bastante diferentes, no presentan ninguna tendencia de variación en las diferentes épocas del año; sus valores máximos se localizan en los meses de octubre y marzo, siendo 1,927 ppm y 1,721 ppm para cada uno respectivamente; el promedio total fué de 1,367 ppm.

El comportamiento de los sólidos disueltos es similar al de los sólidos totales. Su valor máximo se localiza en el mes de octubre con 1,490 ppm. La relación en por ciento de los sólidos disueltos volátiles a sólidos disueltos totales varía de 2 a 47%. Los promedios totales de los sólidos disueltos totales y los só-

lidos disueltos fijos fueron 1,060 ppm y 870 ppm, respectivamente. (Figuras 5.15 y 5.16).

2.3) Alcalinidad. (Figura 5.17)

Al igual que en Tequixquiac, la alcalinidad A.M. como CaCO_3 no presenta ninguna tendencia de variación en las diferentes estaciones del año. Sin embargo, el 75% de los resultados se localizan en el intervalo de 420 ppm a 450 ppm. El promedio total para esta característica fué de 482 ppm y su máximo valor correspondió al mes de julio con un valor de 600 ppm.

2.4) Dureza. (Figura 5.18)

La dureza total como CaCO_3 , aumenta en la época de estiaje, o sea presenta un comportamiento similar a la primera estación de muestreo. El ámbito es de 155 ppm a 320 ppm y su promedio total corresponde a 214 ppm. Es de hacerse notar que un 70% de los resultados obtenidos se encuentran por abajo de 250 ppm; al parecer este valor es el máximo recomendado para aguas de repuesto en torres de enfriamiento.

2.5) Cloruros. (Figura 5.19).

En forma general, los cloruros presentan una ligera tendencia a disminuir su concentración en períodos de baja precipitación pluvial; el 85% de los valores obtenidos se encuentran por debajo de 300 ppm.

2.6) Sulfatos. (Figura 5.20)

Los resultados encontrados para esta característica son variables en las diferentes estaciones del año, siendo el valor máximo igual a 240 ppm; sin embargo, el 93% de los datos reportados están -- por debajo de 190 ppm y el promedio total de sulfatos en este -- punto de muestreo fué de 111 ppm.

2.7) Nitrógenos y Detergentes (ABS). (Figura 5.21)

Al igual que en Tequixquiac, solamente se disponen de datos para estas características en los meses de estiaje. Los valores máximos para el nitrógeno orgánico y amoniacal fueron de 23 ppm y 30.5 ppm respectivamente y sus promedios totales correspondientes resultaron de 7.7 ppm y 23.6 ppm. Respecto al contenido de detergentes, el intervalo de variación es de 8 ppm a -

21.4 ppm y el promedio total alcanzó el valor de 12.6 ppm.

2.8) Sílice.

El contenido de sílice en las aguas negras provenientes de la Presa Tlamaco es menor en los meses de baja caudal. El promedio total obtenido fué de 29 ppm, alcanzando un máximo valor de 46 ppm.

3) Canal Dendho.

Además de la disminución normal en la concentración de los con taminantes por la aeración de las aguas en su recorrido, se observa una tendencia a mejorar la calidad de estas aguas en la época de estiaje; este fenómeno se debe a que estas aguas se mezclan, en un punto denominado "la licuadora", con aguas superficiales provenientes de la Presa Requena, y en la época de baja precipitación pluvial el gasto volumétrico de estas aguas superficiales en ocasiones supera al gasto de aguas negras circulan tes en el Canal Dendho antes del punto en donde se mezclan di chas aguas.

A continuación se analizan las características más sobresalientes en esta estación de muestreo.

- 3.1) Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). (Figuras 5.22 y 5.23)

Puede hacerse mención a lo siguiente: En tanto que el Canal Requena permanece sin gasto, o sea que las aguas superficiales no se mezclan con las aguas negras del Canal Dendho, la tendencia de la variación de la DQO y de la DBO es aumentar en la época de estiaje; a su vez, cuando las aguas negras se diluyen se observa un notable descenso de estas características, principalmente en la DQO.

De los resultados obtenidos, el 90% presenta un DQO menor que 560 ppm y el 93% mostró una DBO menor de 140 ppm. El promedio total para la DBO y para la DQO son de 83 ppm y 319 ppm respectivamente. (Figura 5.24)

- 3.2) Sólidos Totales y Sólidos Disueltos. (Figuras 5.25 y 5.26)

Cuando las aguas de esta estación de muestreo no se diluyen, los sólidos totales y disueltos no presentan ninguna tendencia en la

variación, pero cuando se mezclan los dos tipos de aguas, negras y superficiales, estos sólidos disminuyen notablemente de concentración, a excepción de un sólo día de muestreo, 27 de abril, en donde se obtuvo un resultado anormal, debido quizás a descargas de desechos de las industrias que se encuentran en las zonas aledañas; este aumento en los sólidos totales coincide con un alto valor de los sólidos totales en la Presa Tlamaco y en Tequixquiac. El promedio total para los sólidos totales es de 1,111 ppm y 879 ppm para los sólidos disueltos. El 90% de los resultados obtenidos se encuentran por debajo de 1,400 ppm de sólidos totales y de 1,150 ppm para los sólidos disueltos.

3.3) Alcalinidad. (Figura 5.27)

El comportamiento de estas aguas es similar al que presentan las demás características, es decir, disminuye notoriamente la concentración de la alcalinidad conforme el gasto del Canal Requena aumenta. El máximo valor obtenido fué de 583 ppm y el promedio total correspondió a 376 ppm de alcalinidad A.M. como CaCO_3 .

3.4) Dureza. (Figura 5.28)

La dureza total como CaCO_3 no presenta fuertes variaciones; esto se debe a la ya mencionada dilución de las aguas negras con -- aguas superficiales. El 95% de los resultados se encuentran por debajo de 230 ppm y el promedio total fué de 184 ppm.

3.5) Cloruros. (Figura 5.29)

Los cloruros tienen una tendencia similar a la alcalinidad para este tipo de aguas. El 90% de los valores encontrados poseen una concentración de cloruros inferior a 260 ppm y el promedio total resultó a 188 ppm.

3.6) Sulfatos. (Figura 5.30)

El comportamiento de los sulfatos se asemeja también a la alcalinidad. El promedio total fué de 89 ppm y el máximo valor obtenido resultó de 155 ppm.

3.7) Nitrógenos y Detergentes. (Figuras 5.31 y 5.32)

Como no se disponen de datos de estas características en la época de lluvias, no se puede hacer una evaluación estacional.

El promedio total para el nitrógeno orgánico es de 6 ppm y --

12.6 ppm para el nitrógeno amoniacal. (Figura 5.31).

El contenido de detergentes en la época de bajo caudal se mantiene con un promedio de 7.5 ppm, siendo el valor máximo igual a 12 ppm.

3.8) Sílice. (Figura 5.33)

En este caso, el contenido de sílice presenta una tendencia de variación similar a la Presa Tlamaco; ésto se debe a que el -- contenido de SiO_2 en el agua del Canal Requena es ligeramente menor que el correspondiente al Canal Dendho. El promedio total de esta característica fué de 16.7 ppm y el valor máximo alcanzado fué de 47 ppm.

4) Canal Endho.

Los análisis de estas aguas consideradas como aguas negras revelaron que sus características están prácticamente dentro de - los valores recomendados para aguas de repuesto en las torres de enfriamiento, inclusive en lo que se refiere al contenido de detergentes. Sin embargo, de la Tabla 5.1 es de indicarse que en forma general este Canal permanece fuera de operación desde junio a diciembre.

5.4 OBSERVACIONES FINALES

1. AGUAS NEGRAS:

Considerando que Tequiquiac es el punto de mayor contaminación y que se encuentra demasiado alejado del lugar donde se localizará la nueva refinería de Tula, se ha descartado como posible fuente de suministro de agua negra, por lo que se harán comentarios finales solamente a las otras estaciones de muestreo, es decir la Presa Tlamaco, el Canal Dendho y Canal Endho.

Tomando en cuenta los valores recomendados para las diferentes características que deben tener las aguas utilizadas como repuesto en las torres de enfriamiento Tabla 2.2 , así como la calidad de los diferentes tipos de aguas de repuesto utilizadas en refinерías ya existentes, se puede indicar lo siguiente:

Presa Tlamaco.

Cualquier forma de tratamiento biológico puede ser aplicada a estas aguas, ya que no se presentan fuertes variaciones de la relación DBO/DQO. Esto parece indicar la ausencia de fuertes fluctuaciones en el contenido de sustancias perjudiciales capaces de inhibir la acción biológica de los microorganismos.

En general, los tratamientos biológicos aplicados a las aguas negras remueven aproximadamente el 85% de la DQO, DBO, sólidos disueltos volátiles y sólidos suspendidos, por lo que, aún en los casos más extremos de contaminación por Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno de estas aguas negras tratadas, quedarán prácticamente dentro de los valores recomendados. (B,1)

Respecto a los sólidos totales, tampoco es de esperarse que tengan valores superiores a los límites propuestos; en el caso donde se encontró la mayor concentración de sólidos totales, 1,927 ppm, los sólidos disueltos volátiles y sólidos suspendidos alcanzan un total de 562 ppm, de los cuáles se eliminarán aproximadamente un 85%, por lo que los sólidos totales se encontrarán dentro de los límites fijados tentativamente.

La alcalinidad A.M. en términos de CaCO_3 en las aguas negras sin tratar se encuentra por debajo de los valores propuestos.

Como se mencionó anteriormente, la dureza del agua sin tratar, según los datos obtenidos, se mantiene en un 70% dentro de los valores que se proponen. Asimismo, los cloruros prácticamente están en el intervalo de los valores recomendados; al parecer

300 ppm de Cl^- como especificación es un valor bastante conservador según las referencias bibliográficas generales.

Los sulfatos es la característica cuyos resultados no cumplen en un gran porcentaje, 42%, con el valor recomendado, 100 ppm. Sin embargo, al igual que los cloruros, el dato recomendado parece ser bastante estricto según la literatura general.

El problema más agudo que presentan estas aguas negras es la presencia de detergentes, cuyo valor promedio es de 12.6 ppm con un máximo de 21.4 ppm; ésto representa la presencia de espuma, originando con ello problemas de corrosión y ensuciamiento en los diferentes equipos, no sólo de la planta de tratamiento, sino de los equipos cercanos a la misma.

Por último, se considera que el agua negra de la Presa Tlamaco tratada biológicamente servirá satisfactoriamente como suministro a las torres de enfriamiento, pero con algún sistema que elimine el ABS.

Canal Dendho.

El agua negra proveniente de este Canal es de calidad superior a la que se encuentra en la Presa Tlamaco, ya que en su reco-

rrido de 7 km se localizan pequeñas cascadas que aumentan notablemente su aereación, favoreciendo de esta manera su purificación. Además, esas aguas en la temporada de baja precipitación pluvial, es decir, época de mayor contaminación se mezclan con aguas superficiales provenientes de la Presa Requena disminuyendo por lo tanto la concentración de los contaminantes.

Al parecer, el agua negra del Canal Dendho debidamente tratada por el proceso de lodos activados o algunas de sus modificaciones y con el sistema adecuado para eliminación del detergente, producirá un efluente con características similares a las aguas de repuesto para torres de enfriamiento que actualmente se utilizan en las diferentes refinerías.

Canal Endho.

Todo parece indicar que para poder utilizar estas aguas como repuesto en las torres de enfriamiento bastará, tal vez, aplicarles un sistema de tratamiento formado por sedimentación, clarificación y filtración.

2. AGUAS SUPERFICIALES:

Las aguas del Canal Requena que 5 km más adelante del punto de muestreo se mezclan con las aguas negras del Canal Dendho, se podrán utilizar como repuesto en las torres de enfriamiento probablemente con un tratamiento de sedimentación, clari-floculación y filtración.

3. AGUAS DEL SUBSUELO:

Las aguas del Manantial del Cerro Colorado se pueden utilizar como repuesto en las torres de enfriamiento sin ningún tratamiento previo, en caso de que la dureza no represente un gran problema.

TABLA 5.1
RELACION DE AFOROS DE LOS DIFERENTES CANALES CONTROLADOS POR EL DISTRITO DE RIEGO 03 DE
MIXQUIAHUALA, HGO.

Fecha:	Túneles de Tequixquiac.	Planta Derivadora Tlamaco.	Canal Dendho. cruce vía ferrocarril.	Canal Requena cerca Licuadora.	Canal Endho Km 0--000
	Q - M3/s	Q - M3/s	Q = M3/s	Q = M3/s	Q = M3/s
10/jun/72	18.040	20.160	5.800	8.350	6.340
24/jun/72	33.820	42.812	2.260	0.0	0.0
8/jul/72	31.400	30.868	6.150	0.0	0.0
30/jul/72	29.460	32.840	10.670	8.100	0.0
19/ags/72	26.380	24.571	4.832	0.0	25.520
8/sep/72	29.860	29.025	8.630	3.250	2.870
4/oct/72	34.980	38.635	0.0	0.0	0.0
15/oct/72	45.410	56.040	3.450	0.0	0.0
29/oct/72	28.740	29.500	6.500	0.0	15.000
12/nov/72	25.900	26.130	8.200	0.0	0.0
19/nov/72	23.360	27.970	9.800	0.0	0.0
25/nov/72	22.190	30.150	3.800	0.0	0.0
2/dic/72	24.840	37.700	3.000	0.0	0.0
10/dic/72	28.280	30.450	2.600	0.200	0.0
16/dic/72	24.000	23.470	4.400	0.0	0.0
5/ene/73	22.460	26.840	4.800	2.800	4.200
13/ene/73	22.190	25.930	6.700	4.000	2.000
31/ene/73	21.050	29.300	4.970	1.200	0.0
9/ene/73	23.560	26.000	4.690	1.300	0.0
21/feb/73	19.490	23.200	6.340	5.850	6.000
29/feb/73	20.210	26.650	6.200	7.600	6.000
14/mar/73	No hay dato	24.400	6.570	7.800	7.000
16/mar/73	No hay dato	23.310	7.400	7.780	4.500
18/mar/73	No hay dato	24.320	9.300	7.690	3.000
22/mar/73	No hay dato	23.600	8.200	6.930	3.000
4/abr/73	No hay dato	21.010	5.990	6.140	6.150
13/abr/73	No hay dato	22.810	6.600	7.370	8.500
20/abr/73	No hay dato	25.470	6.340	7.380	8.400
27/abr/73	No hay dato	25.650	6.680	7.090	6.870
3/may/73	No hay dato	18.870	6.000	7.060	4.500

TABLA 5.2

ANALISIS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y DEL SUBSUELO.

Características.	AGUAS SUPERFICIALES				AGUAS DEL SUBSUELO	
	Presa Requena		Canal Requena.		Manantial	
	Valor máximo	90% de los resultados	Valor máximo	90% de los resultados.	Valor máximo.	90% de los resultados.
Ca, ppm CaCO ₃	35	29	82	39	97	78
Mg, ppm CaCO ₃	40	16	40	27	58	38
Dureza, ppm CaCO ₃	190	170	190	145	452	432
Sólidos dis., ppm	393	330	1,540	383*	838	790
Sólidos susp., ppm	509	180	292	133	42	40
Sólidos Tot., ppm	612	496	1,832	505*	838	800
Alcal. AM., ppm CaCO ₃	207	175	555	195*	390	380
Alcal. F., ppm CaCO ₃	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	0-
Sílice, ppm	42	31	32	25	44	20
Cloruros, ppm	70	42	327	142	385	250
N. amoniacal, ppm ⁽¹⁾	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	0-
Grasas y Aceites ppm ⁽¹⁾	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	0-
Sulfatos, ppm	240	55	120	115	132	106
DBO, ppm ⁽¹⁾	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
DQO, ppm ⁽¹⁾	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
Hierro, ppm	1.9	0.6	1.6	0.4	0.2	0.2
ABS, ppm	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-

NOTAS: (*) El 83% de los resultados son menores a los reportados.

(1) Estas pruebas normalmente no se realizan en este tipo de aguas; las determinaciones realizadas en algunas muestras resultaron con valores de cero. A su vez, la DQO obtenida en todos estos casos fueron inferiores a 50 ppm.

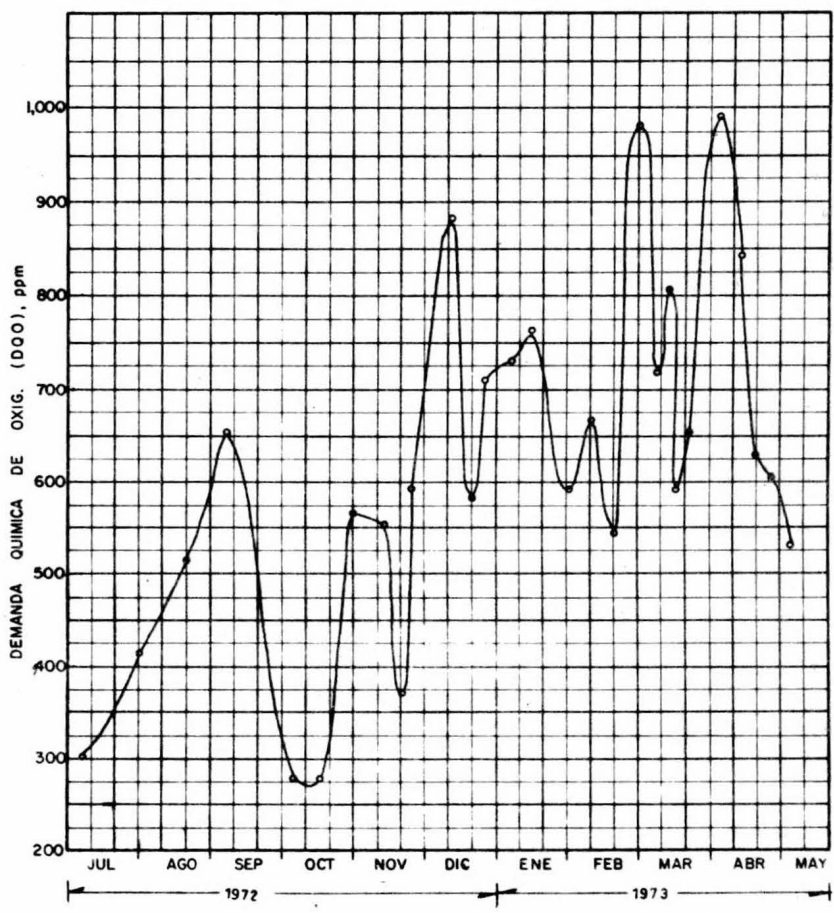


Fig. 5.1

U N A M	VARIACION DE LA D.O.O. EN EN EL EFLUENTE DE LOS TUNELES NUEVO Y VIE- JO EN TEQUIXQUIAC.
T E S I S P R O F E S I O N A L	M.A. ROCA R. PORTILLO 1975

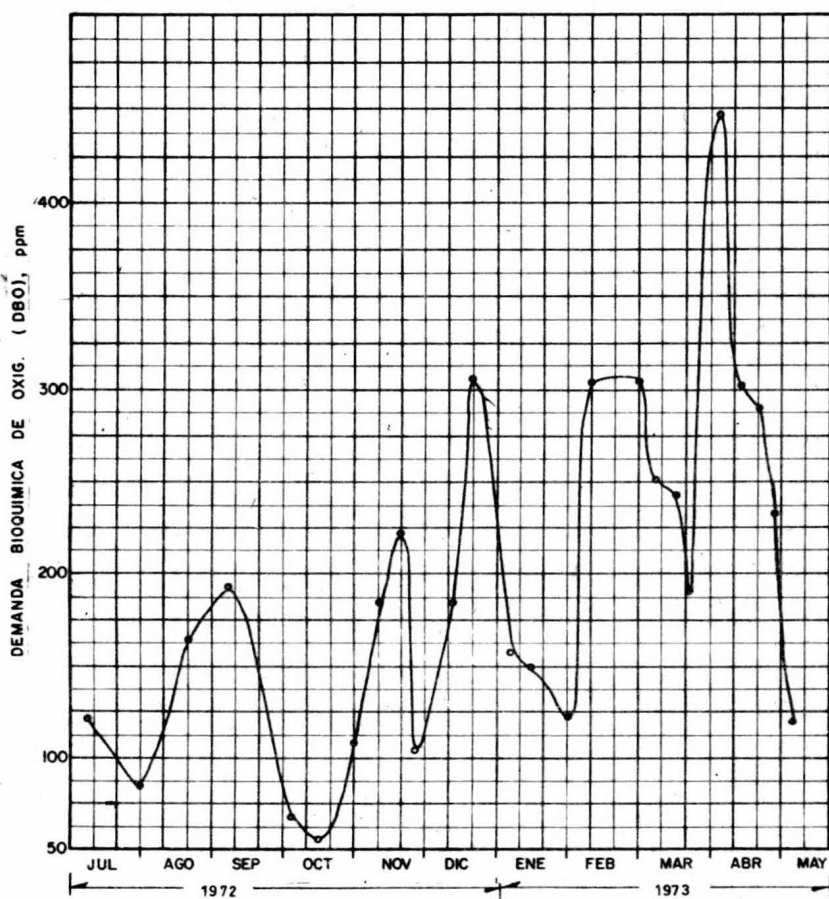


Fig. 5.2

U N A M	VARIACION DE LA DBO. EN EL EFLUENTE DE LOS TUNELES NUEVO Y VIEJO EN TEQUIXQUIAC.		
	TESIS PROFESIONAL	M. A. ROCA.	R. PORTILLO. 1975

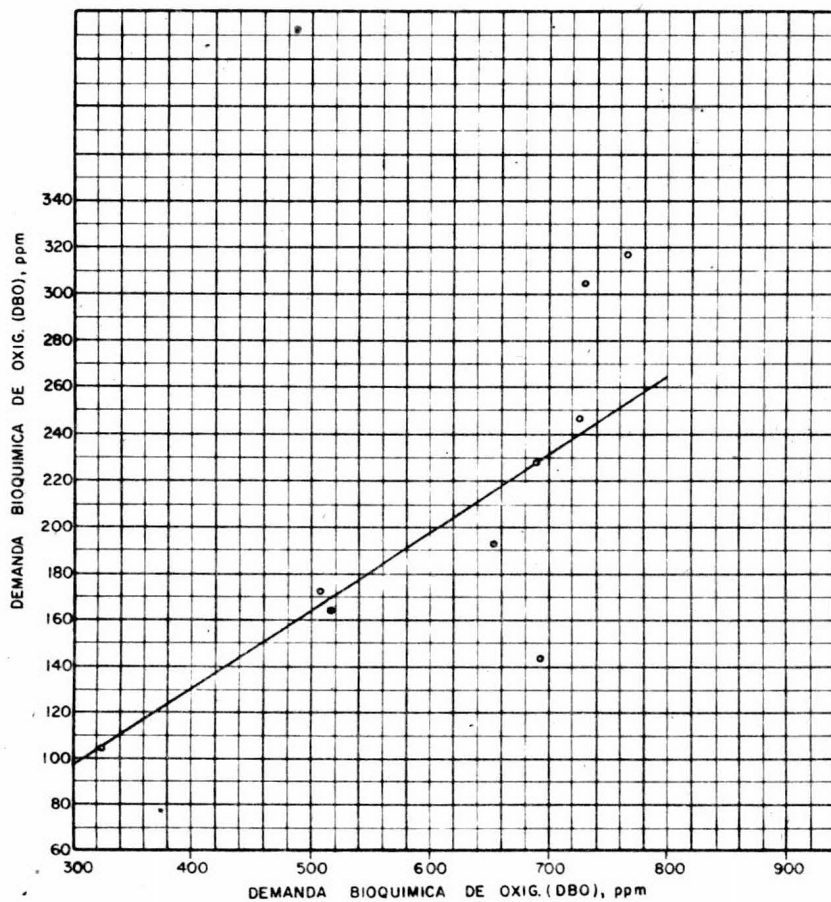


Fig. 5.3

U
N
A
.M

VARIACION DE LA D.B.O.
RESPECTO A LA D.Q.O. EN
TEQUIXQUIAC

TESIS
PROFESIONAL.

M. A. ROCA.

R. PORTILLO.

1975

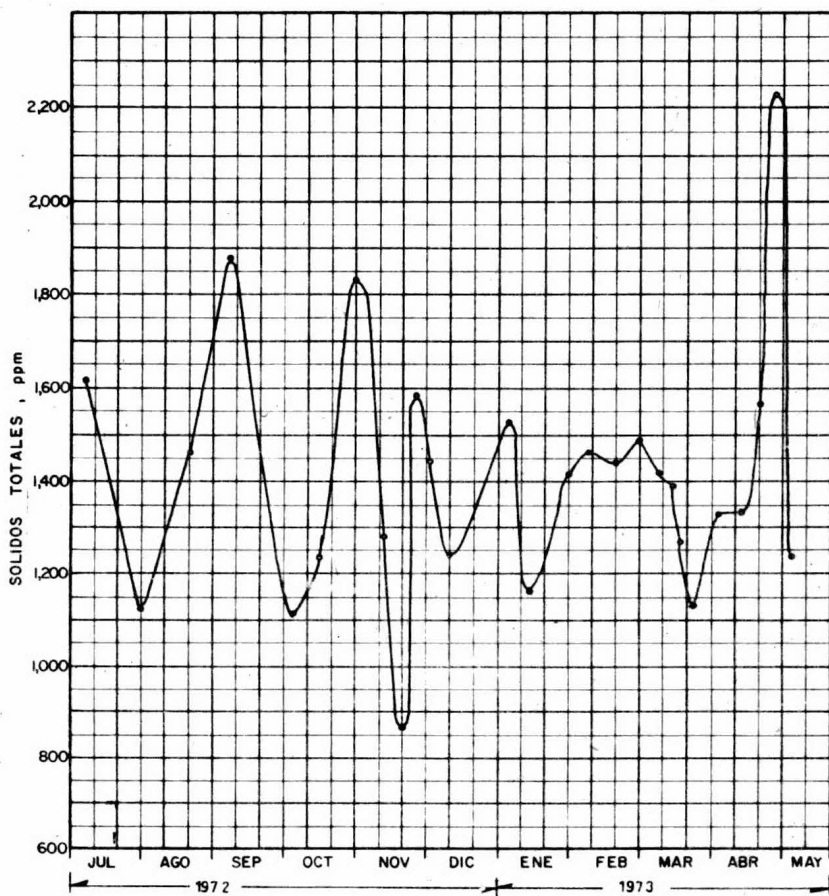


Fig. 5.4

U
N
A
M

VARIACION DE LOS SOLIDOS TOTALES EN EL EFLUENTE DE LOS TUNELES NUEVO Y VIEJO DE TEQUIXOUAC.

TESIS
PROFESIONAL

M. A. ROCA

R. PORTILLO

1975

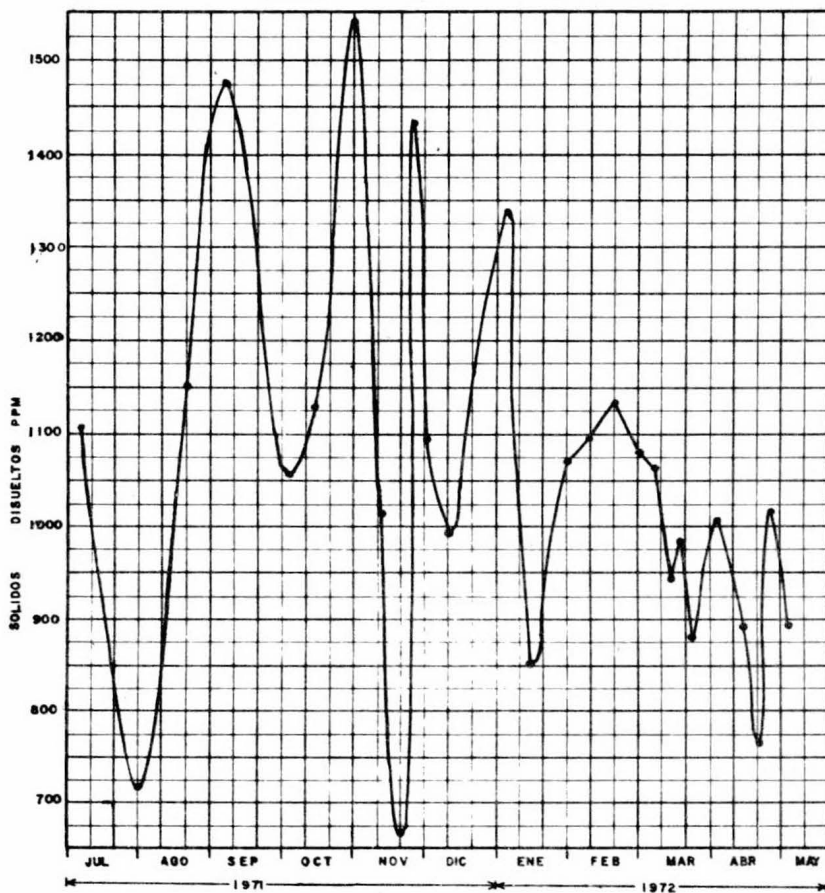


Fig. 5.5

U N A M	VARIACION DE LOS SOLIDOS DISUELTOS TOTALES EN EL EFLUENTE DE LOS TUNELES NUEVO Y VIEJO EN TEQUIXQUIAC		
	TESIS PROFESIONAL	M. A. ROCA	R. PORTILLO
			1975

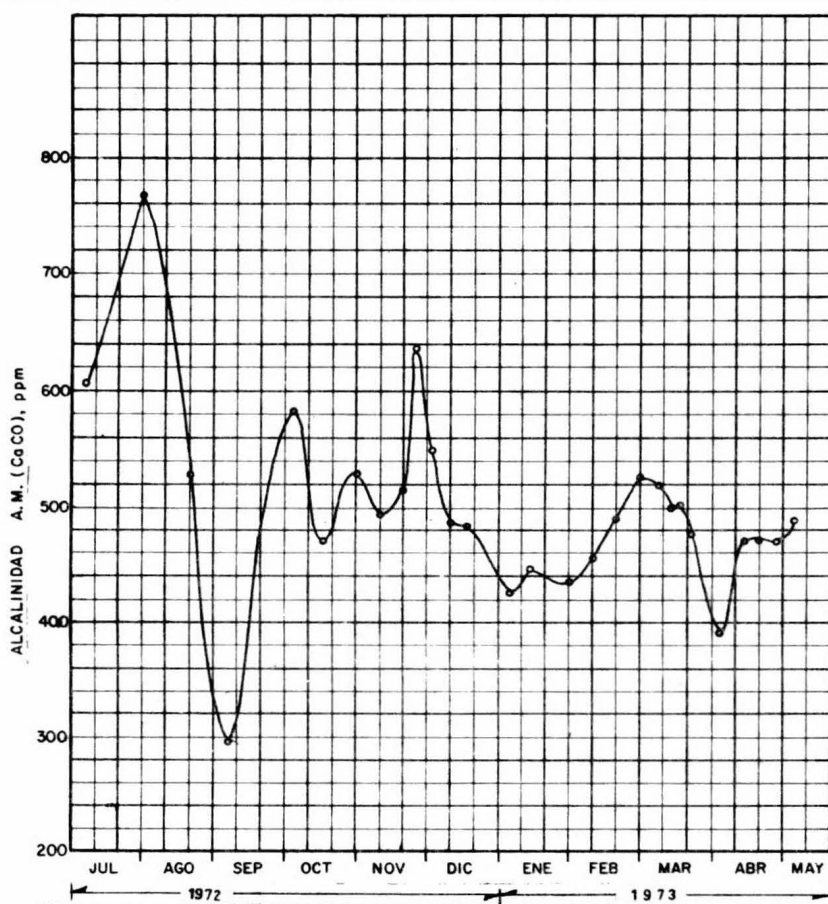


Fig. 5.6

U N A M	VARIACION DE LA ALCALINIDAD A.M. EN EL EFLUENTE DE LOS TUNELES NUEVO Y VIEJO EN TEQUIXQUIAC.		
	TESIS PROFESIONAL	M.A. ROCA	R.PORTILLO. 1975

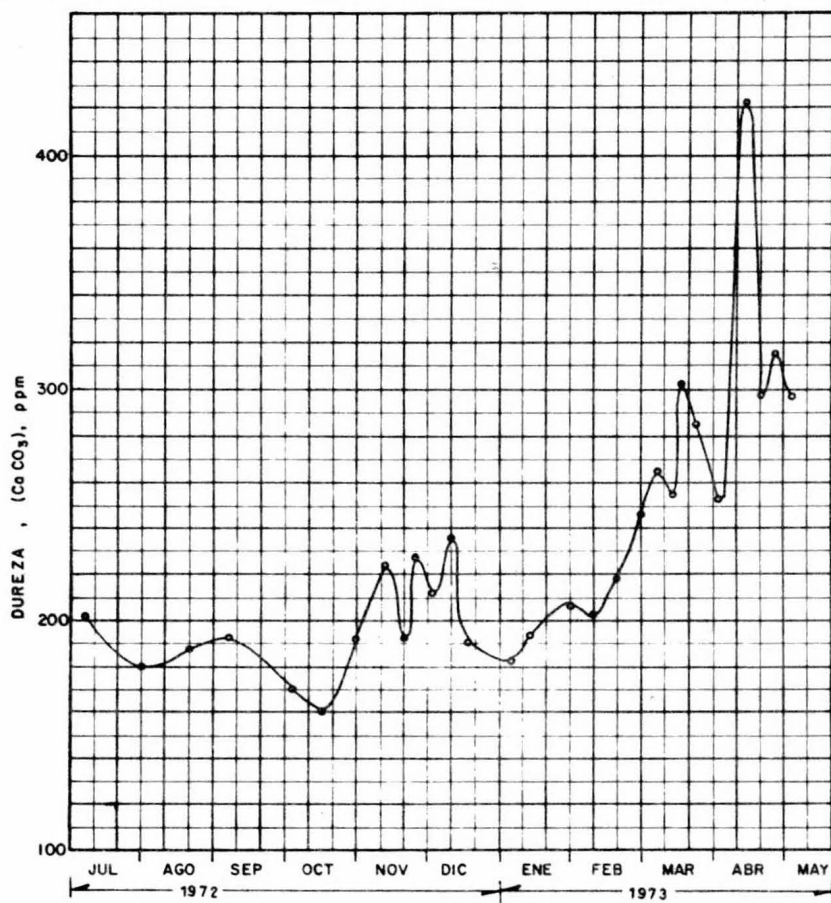


Fig. 5.7

U
N
A
M

VARIACION DE LA DUREZA TOTAL
EN EL EFLUENTE DE LOS TUNELES
NUEVO Y VIEJO EN TEQUQUIAC.

TESIS
PROFESIONAL

M.A. ROCA

R. PORTILLO. 1975

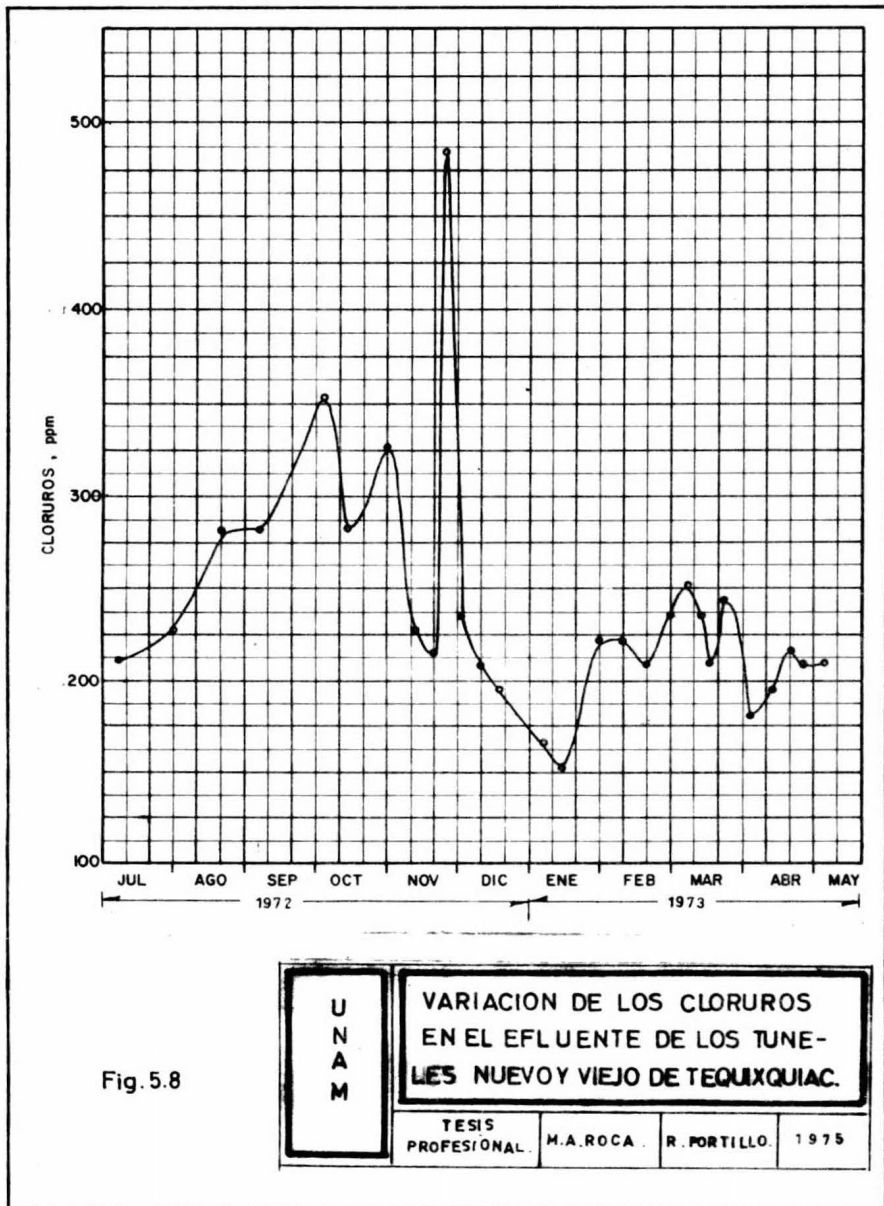


Fig. 5.8

U
N
A
M

VARIACION DE LOS CLORUROS
EN EL EFLUENTE DE LOS TUNE-
LES NUEVO Y VIEJO DE TEQUIXQUIAC.

TESIS
PROFESIONAL.

M.A. ROCA.

R. PORTILLO.

1975

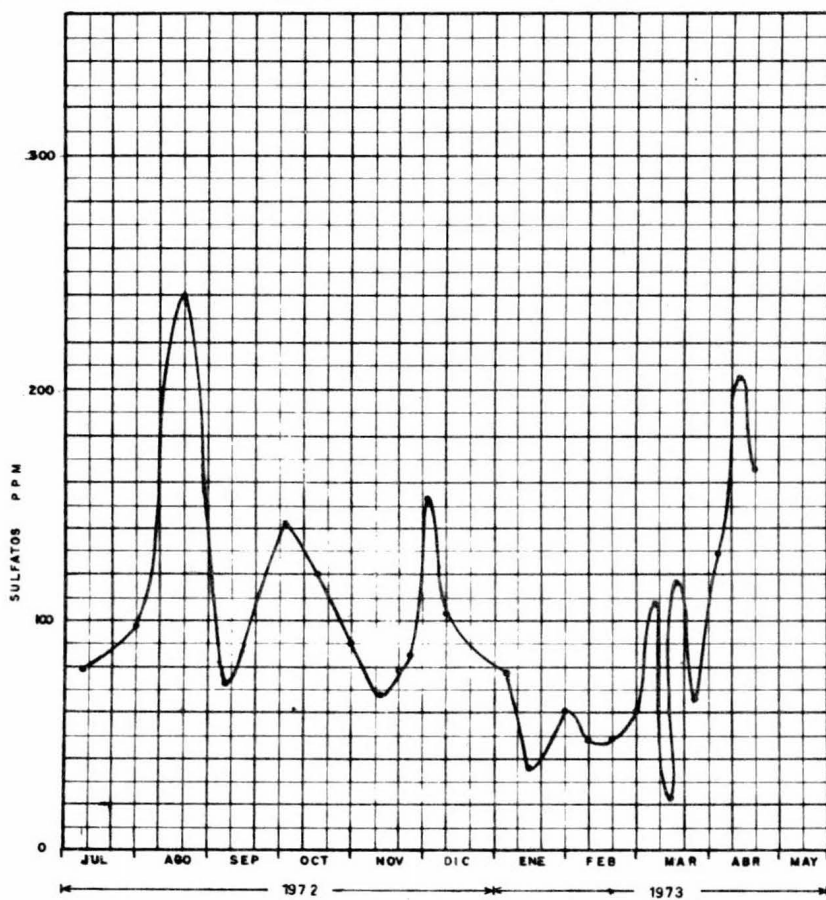


Fig. 5.9

U
N
A
M

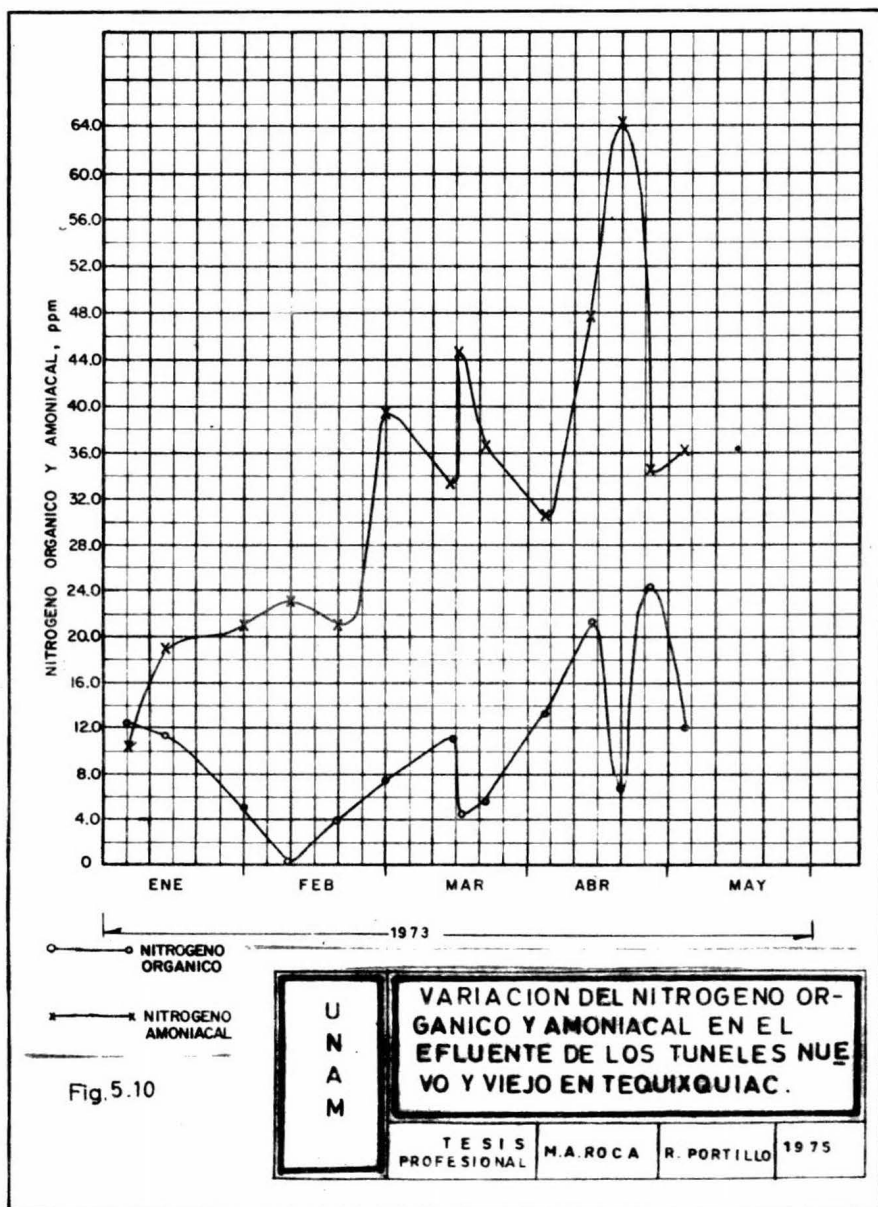
VARIACION DE LOS SULFATOS
EN EL EFLUENTE DE LOS TU-
NELES NUEVOY VIEJO EN TEQUIXQ.

TESIS
PROFESIONAL.

M. A. ROCA

R. PORTILLO

1975



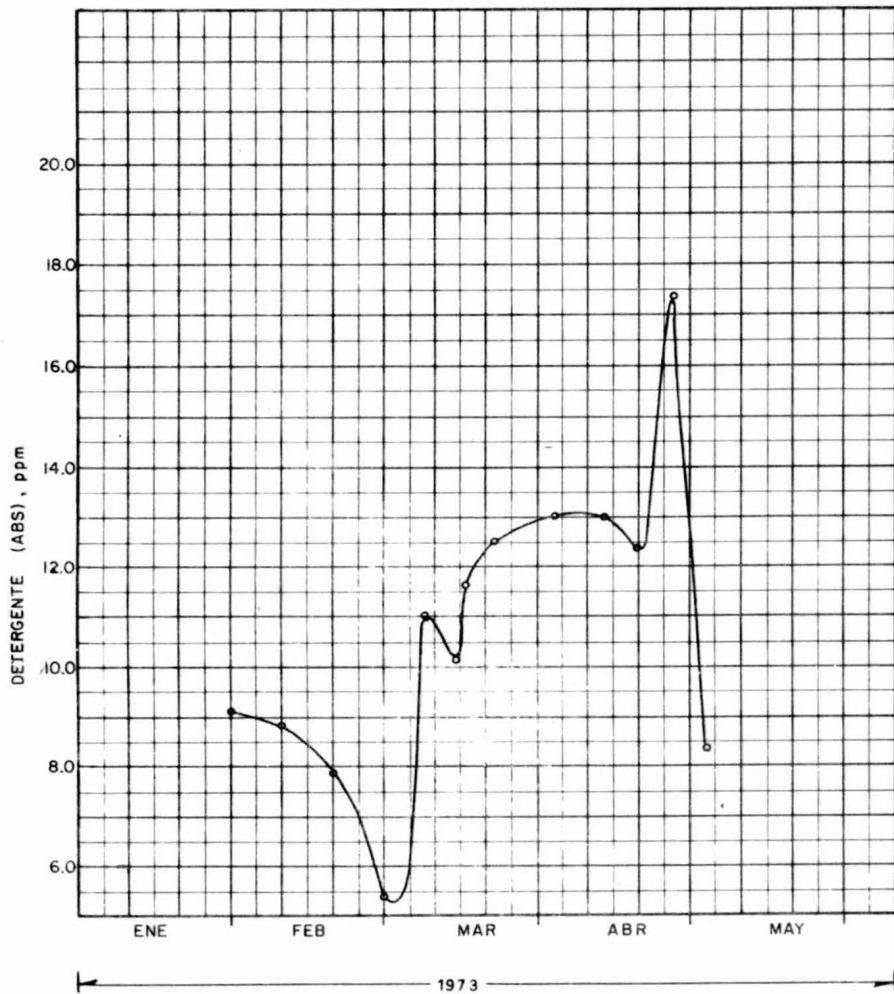


Fig. 5.11

U
N
A
M

VARIACION DEL DETERGENTE
ABS EN EFLEUENTE DE LOS
TUNELES NUEVO Y VIEJO EN
TEQUIXQUIAC

TESIS
PROFESIONAL

M.A. ROCA.

R. PORTILLO.

1975

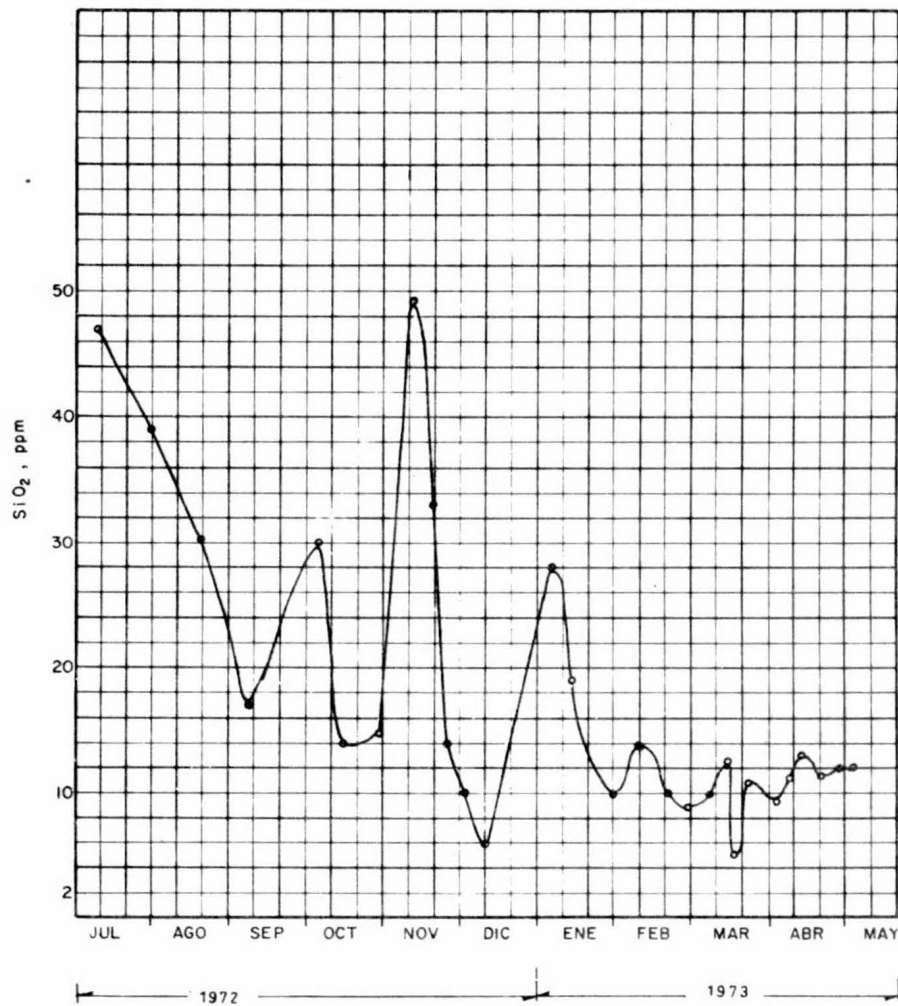


Fig. 5.12

U
N
A
M

VARIACION DE LA
SILICE EN TEQUIXQUIAC

TESIS
PROFESIONAL

M. A. ROCA

R. PORTILLO

1975

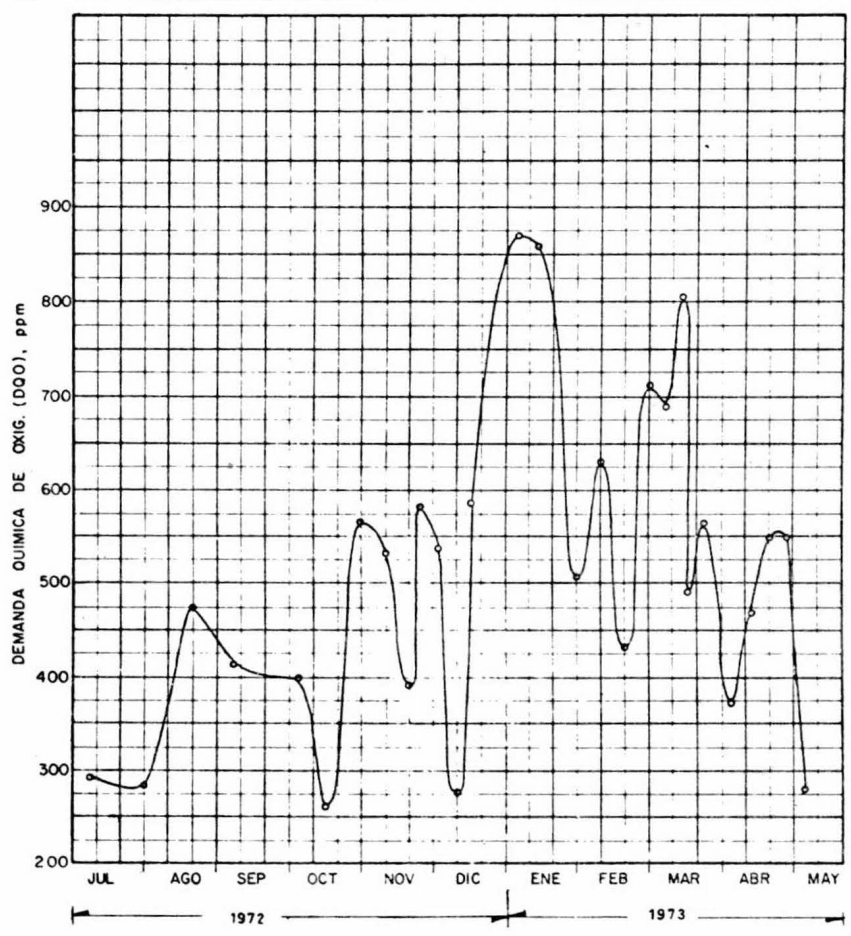


Fig. 5.13

U N A M	VARIACION DE LA D.Q.O. EN LA PRESA TLAMACO.
TESIS PROFESIONAL	M.A. ROCA R. PORTILLO 1975

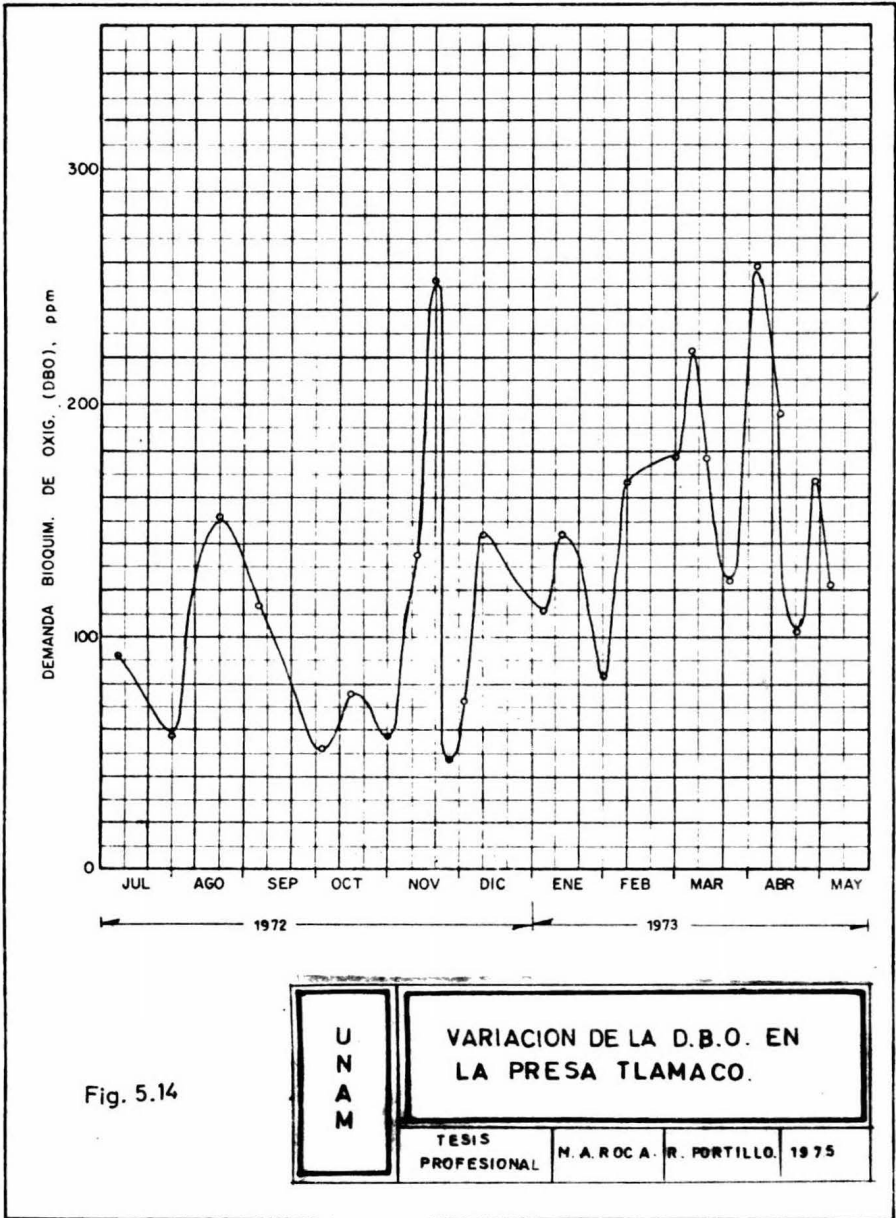


Fig. 5.14

U N A M	VARIACION DE LA D.B.O. EN LA PRESA TLAMACO.			
	TESIS PROFESIONAL	M. A. ROCA	R. PORTILLO	1975

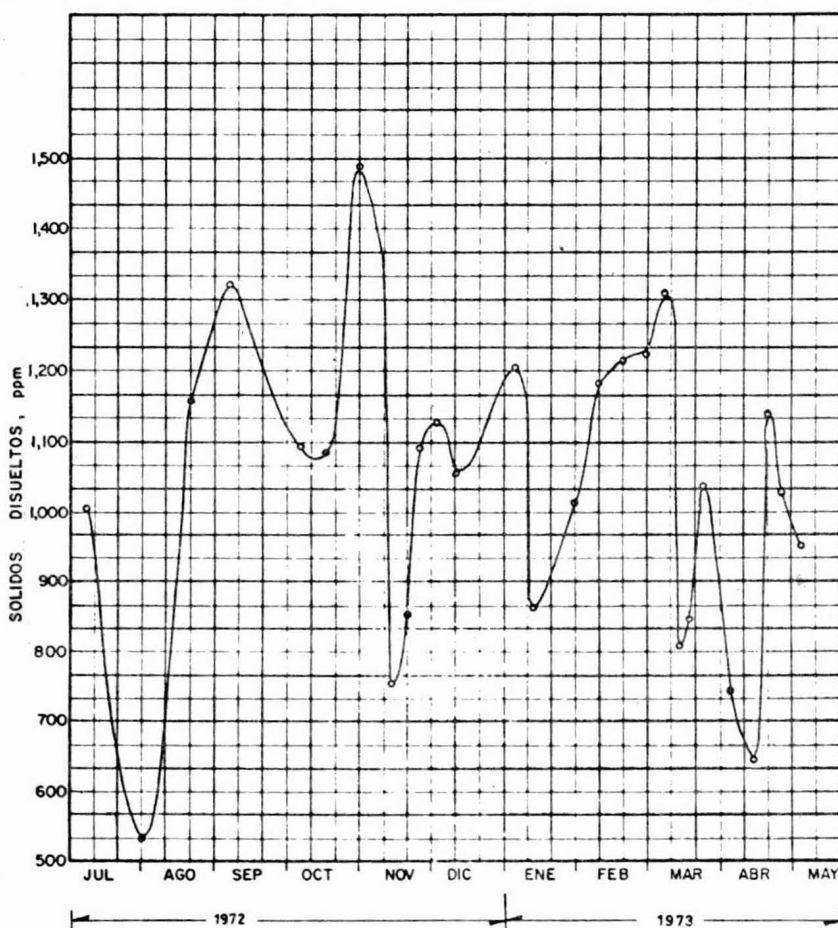


Fig. 5.15

U
N
A
M

VARIACION EN LOS SOLIDOS DISUELTOS TOTALES EN LA PRE-SA TLAMACO.

TESIS
PROFESIONAL

M.A. ROCA.

R. PORTILLO

1975

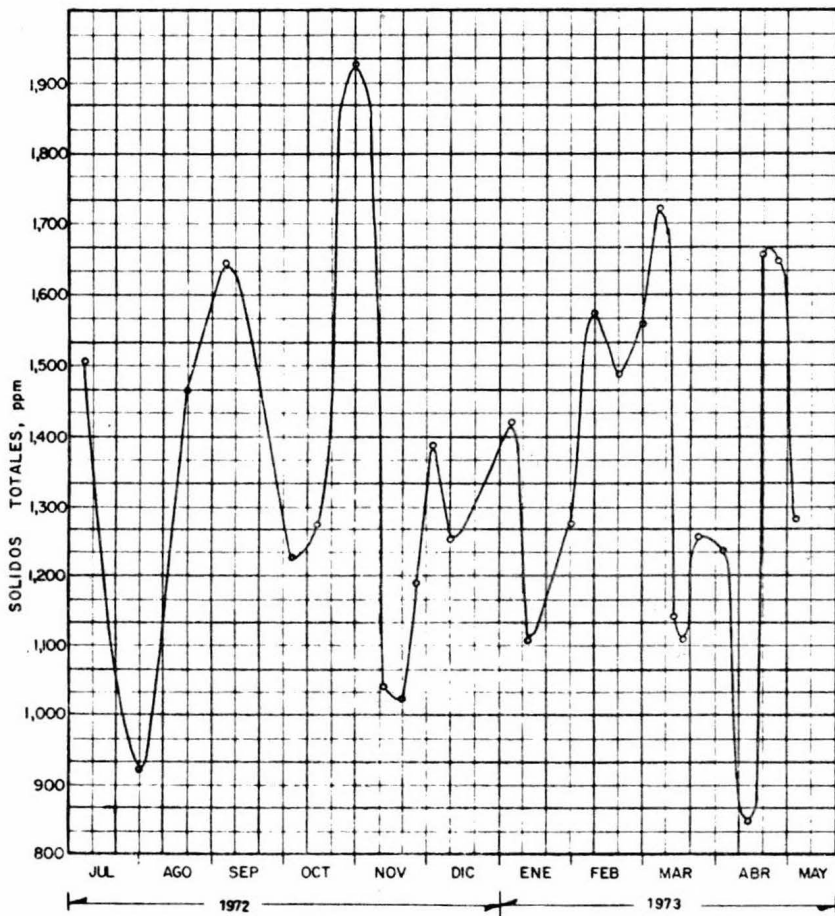
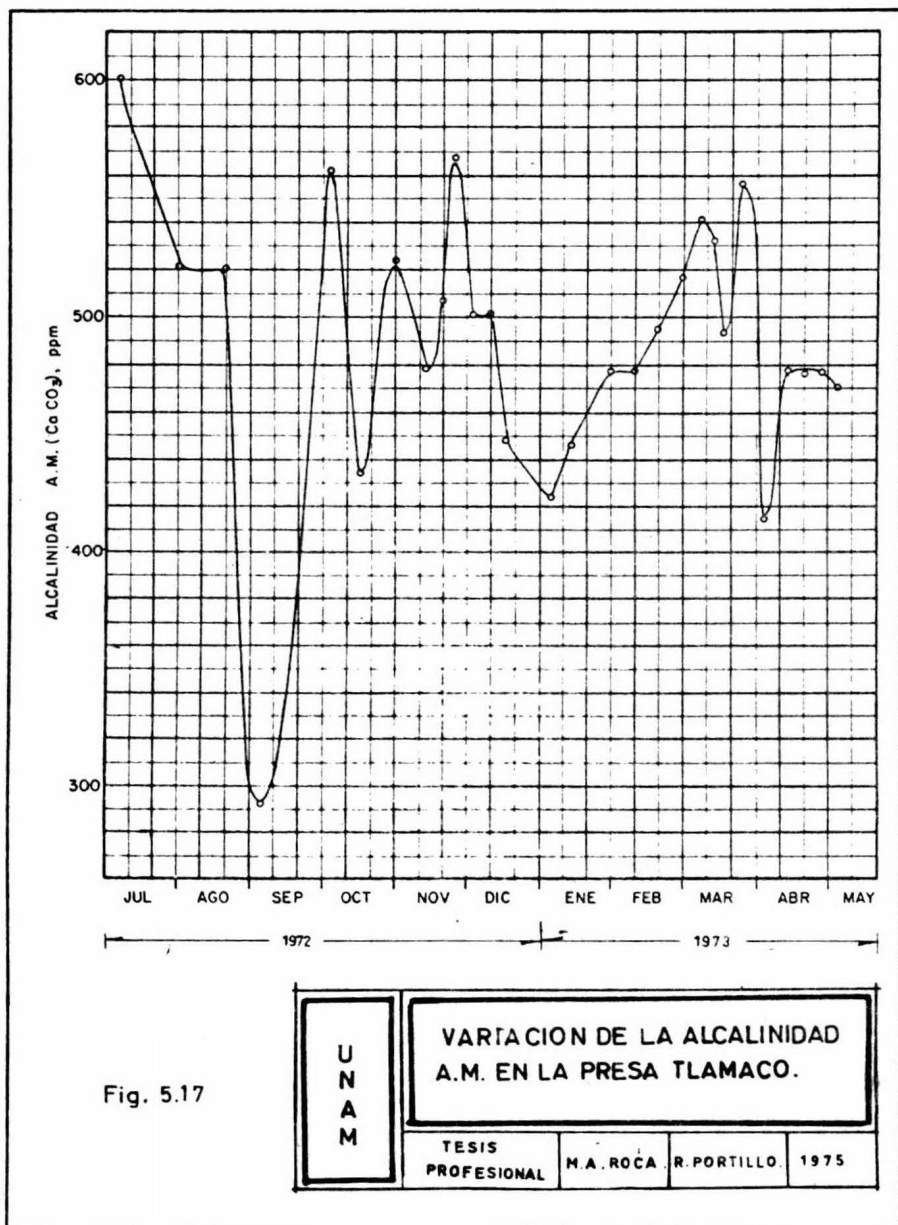


Fig. 5.16

U
N
A
MVARIACION DE LOS SOLIDOS TO-
TALES EN LA PRESA TLAMACO.T E S I S
P R O F E S I O N A L

M. A. ROCA.

R. PORTILLO. 1975



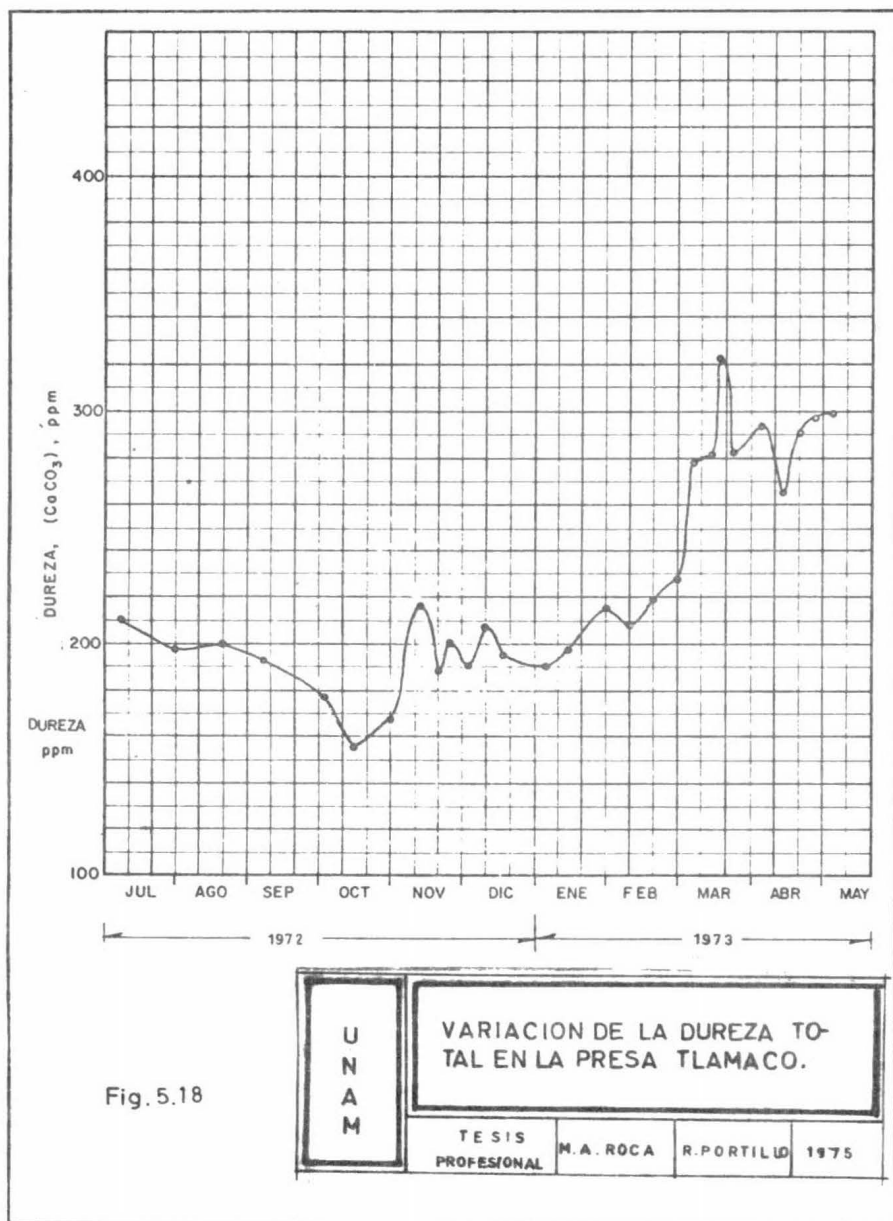


Fig. 5.18

U
N
A
MVARIACION DE LA DUREZA TO-
TAL EN LA PRESA TLAMACO.TESIS
PROFESIONAL

M.A. ROCA

R. PORTILLO 1975

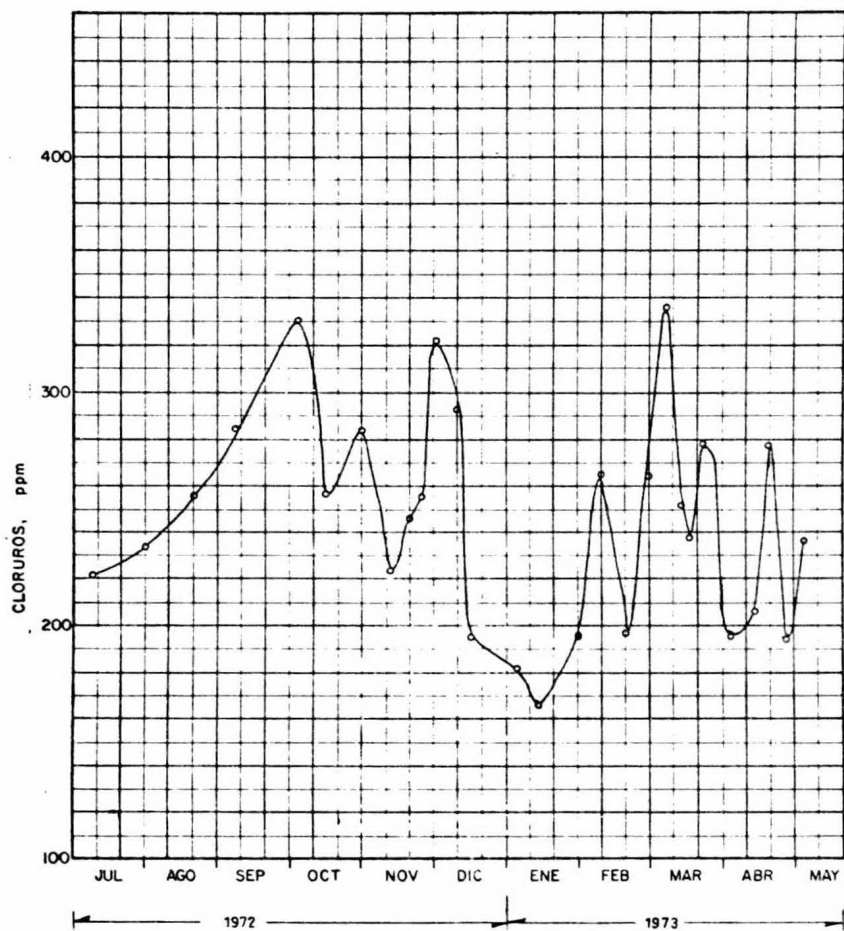


Fig. 5.19

U N A M	VARIACION DE LOS CLORUROS EN LA PRESA TLAMACO.		
	TESIS PROFESIONAL	M. A. ROCA	R. PORTILLO 1975

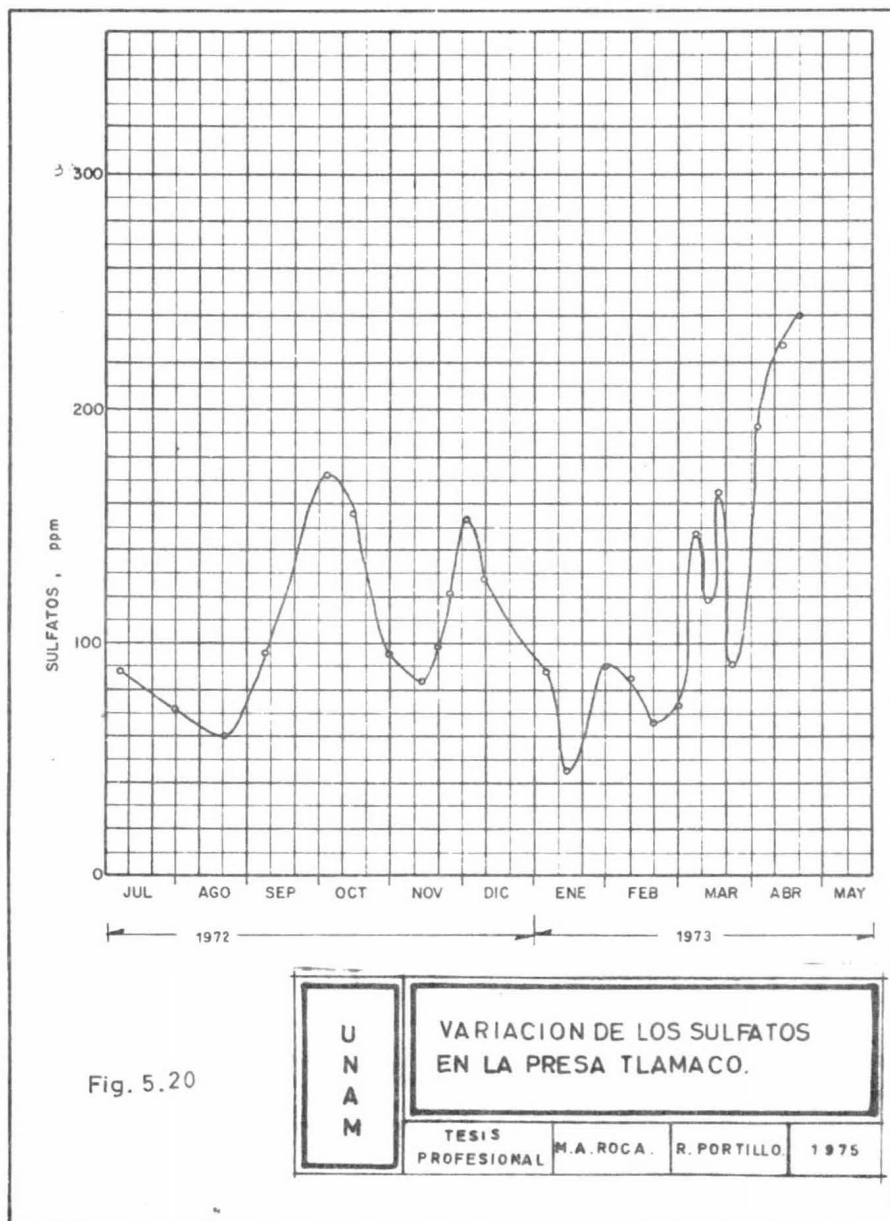


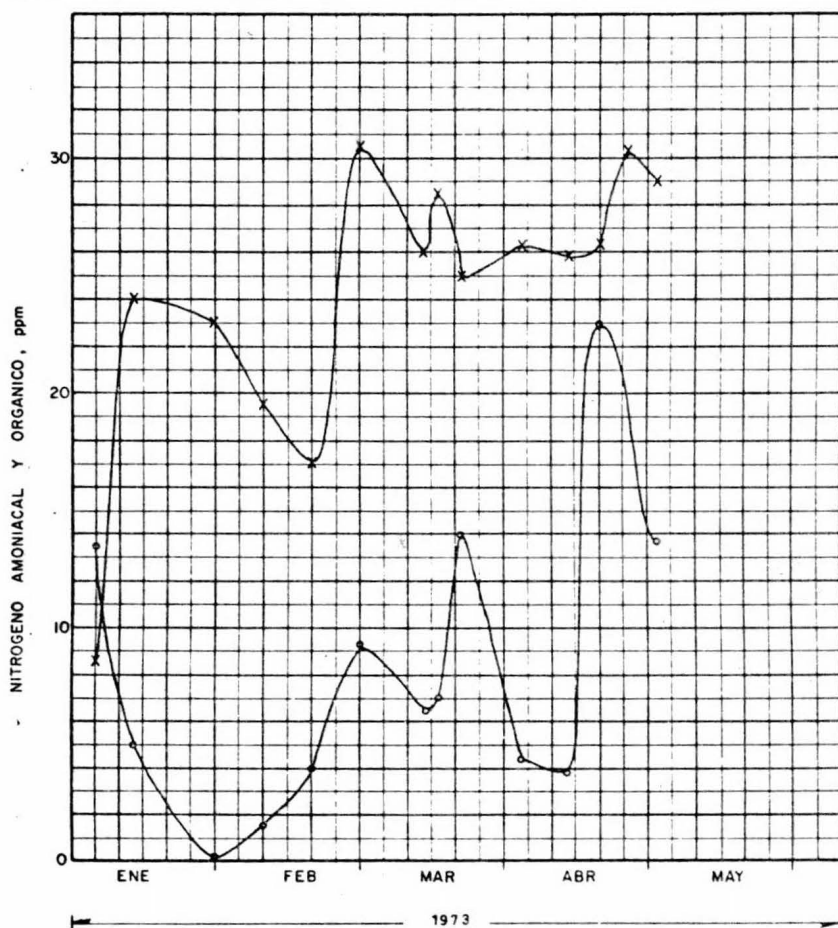
Fig. 5.20

U
N
A
MVARIACION DE LOS SULFATOS
EN LA PRESA TLAMACO.TESIS
PROFESIONAL

M.A. ROCA.

R. PORTILLO.

1975



○ NITROGENO ORGANICO
 × NITROGENO AMONIAICAL

Fig 5.21

U
N
A
M

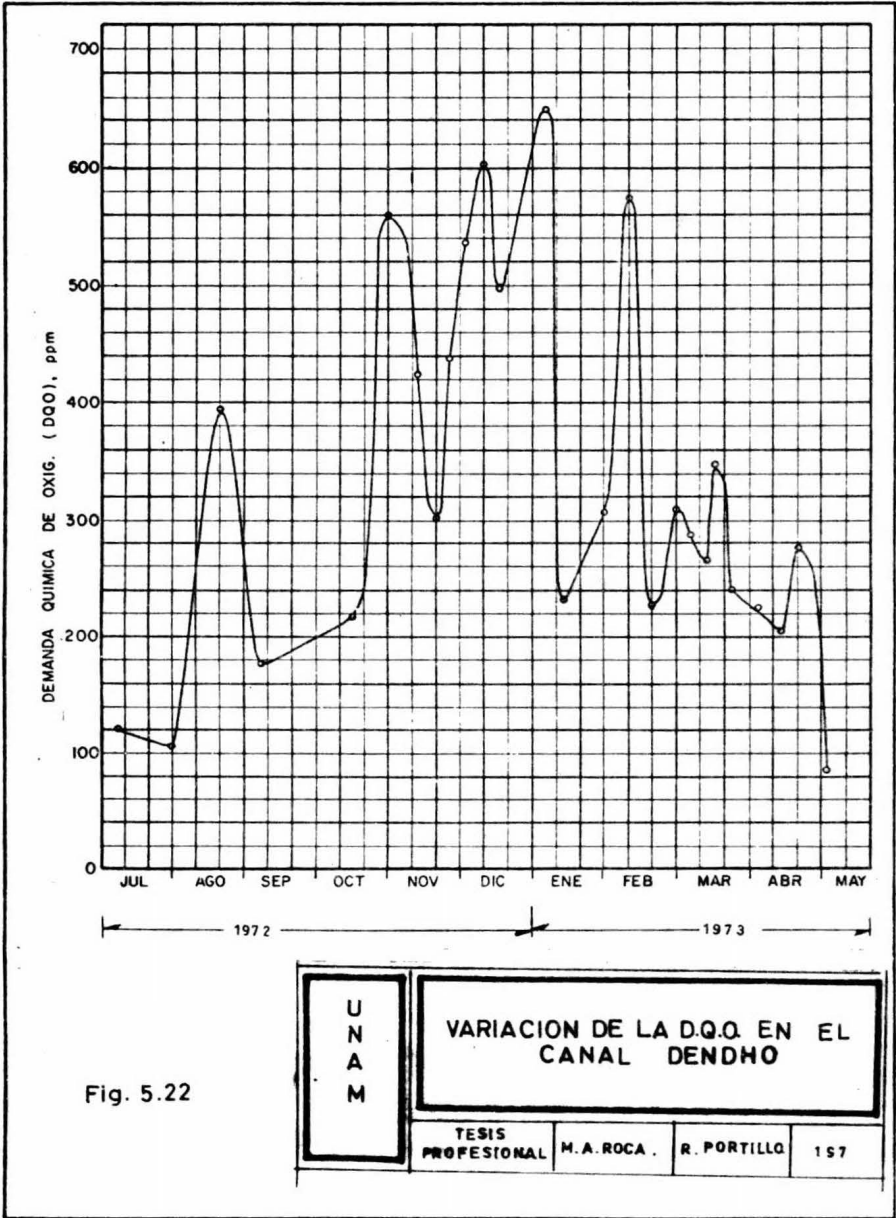
VARIACION DEL NITROGENO ORGANICO Y AMONIAICAL EN LA PRESA TLAMACO.

TESIS PROFESIONAL

M.A. ROCA.

R. PORTILLO.

1975



U N A M	VARIACION DE LA D.Q.O. EN EL CANAL DENDHO		
	TESIS PROFESIONAL	M.A. ROCA .	R. PORTILLO

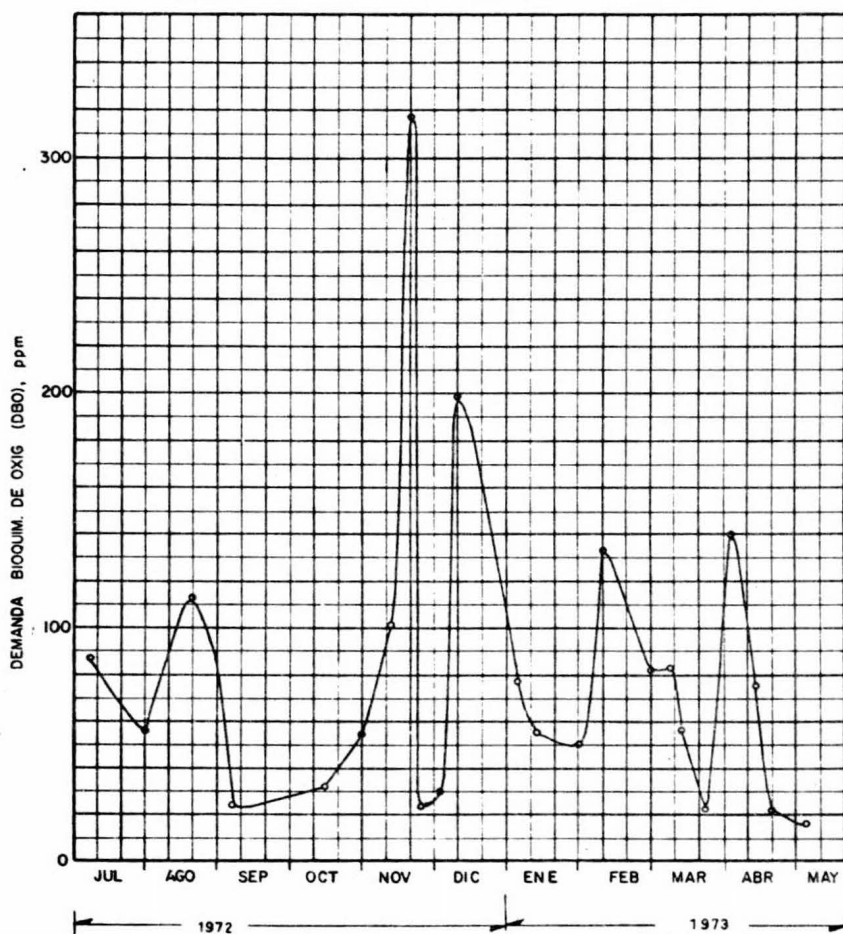


Fig. 5.23

U N A M	VARIACION DE LA D.B.O. EN EL CANAL DENDHO		
	TESIS PROFESIONAL	M. A. ROCA	R. PORTILLO. 1975

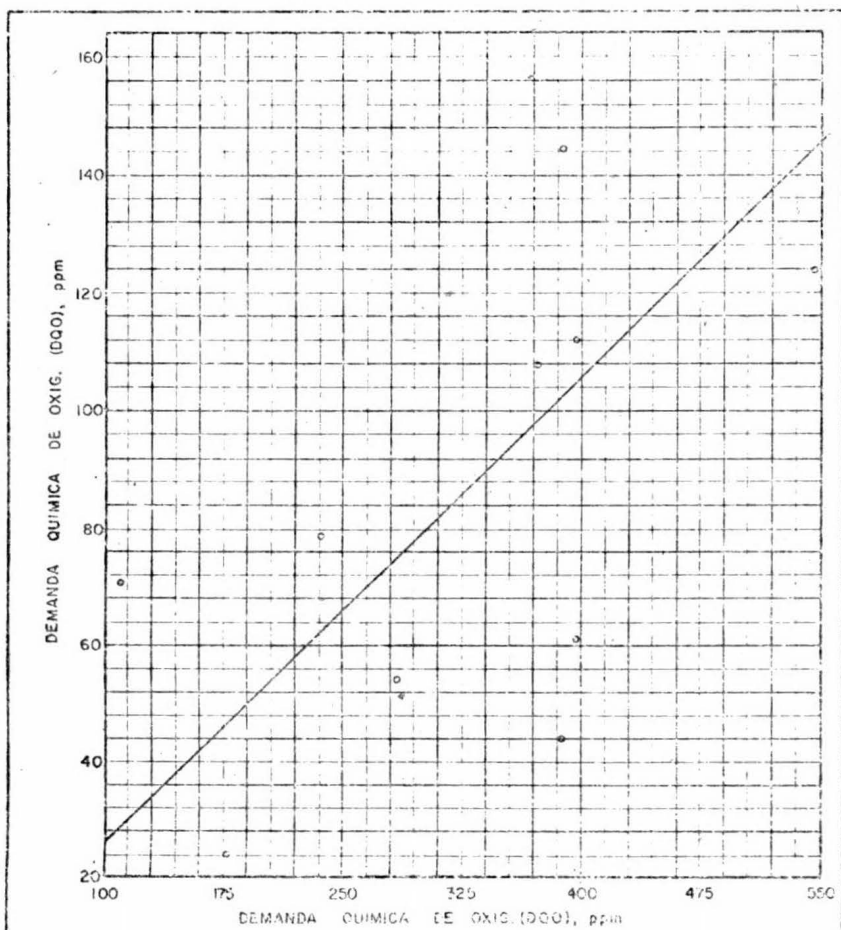


Fig. 5.24

U N A M	VARIACION DE LA DBO RESPECTO A LA DQO EN EL CANAL DENDHO.		
	TESIS PROFESIONAL	M.A. ROCA.	R. PORTILLO 1975

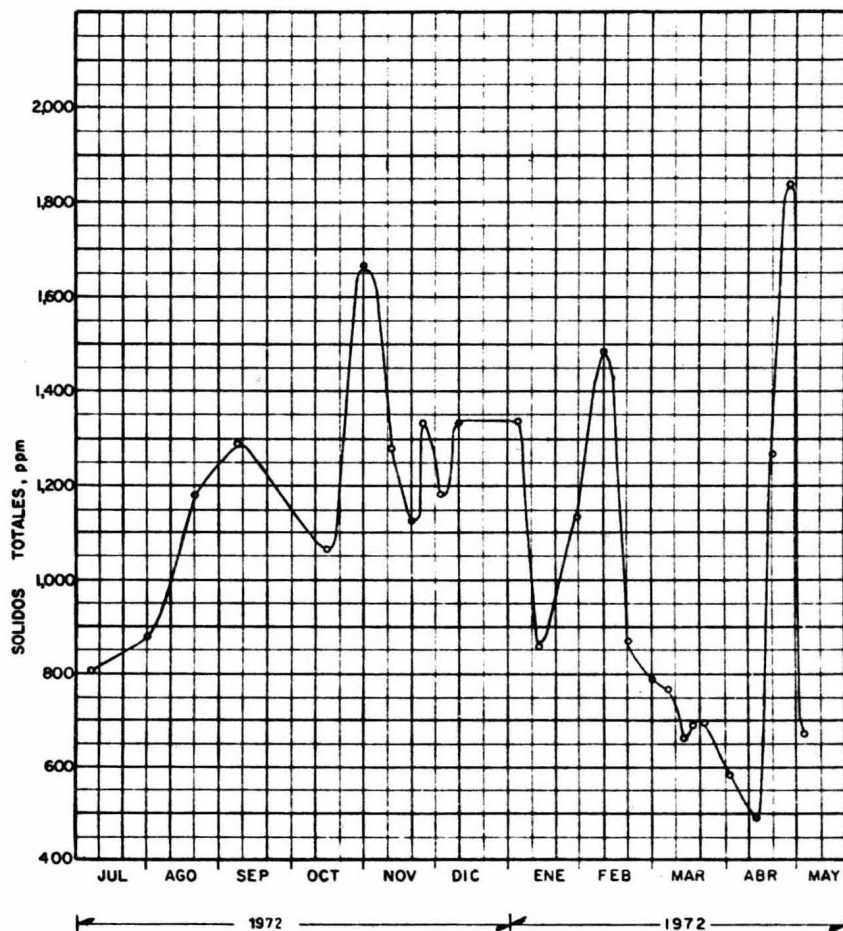


Fig. 5.25

U
N
A
M

VARIACION DE LOS SOLIDOS TOTALES EN EL CANAL DENHO.

TESIS
PROFESIONAL

M. A. ROCA

R. PORTILLO

1975

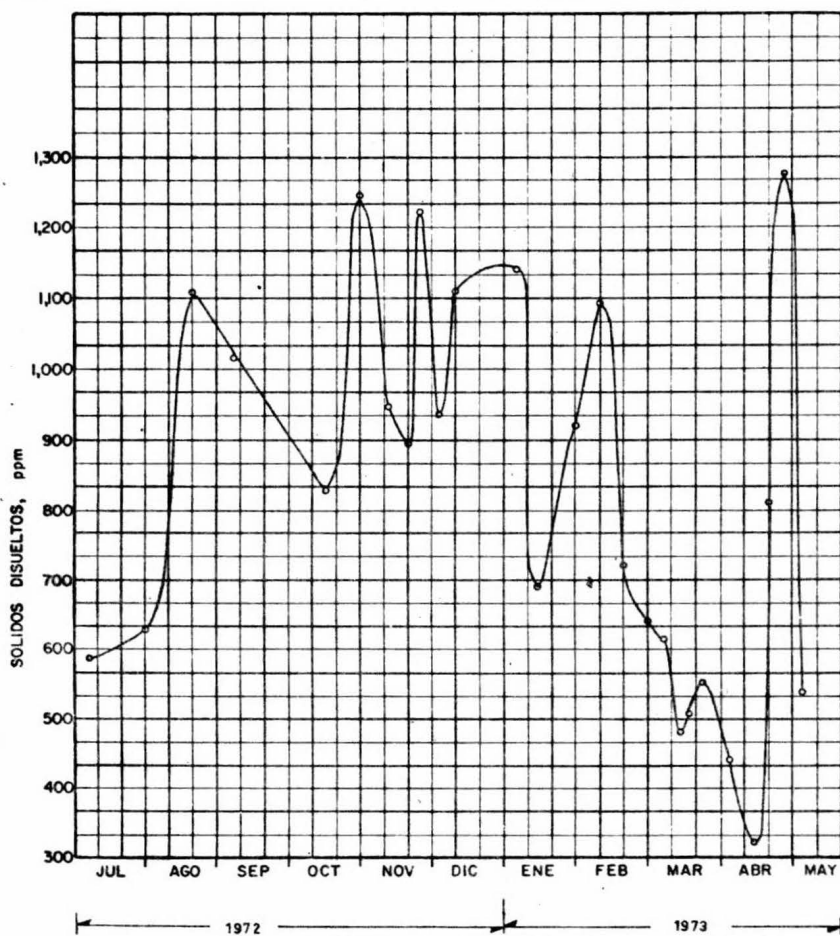


Fig. 5.26

U N A M	VARIACION DE LOS SOLIDOS DISUELTOS TOTALES EN EL CAÑADINDHO.		
	TESIS PROFESIONAL	M.A.ROCA.	R. PORTILLQ 1975

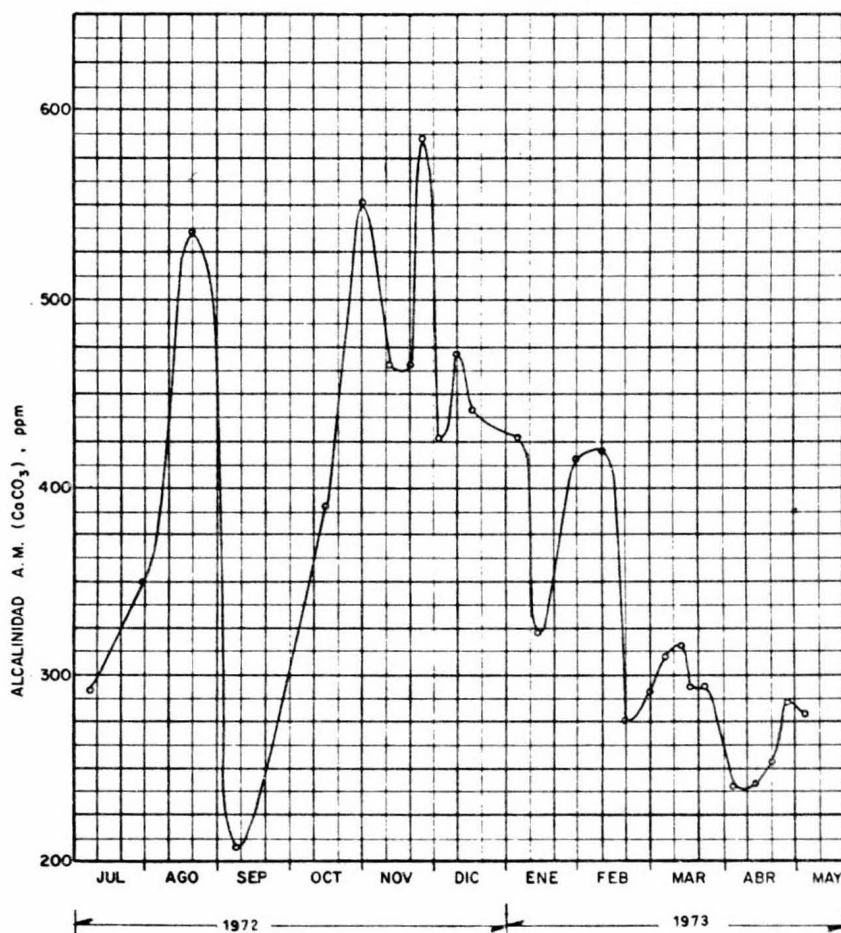


Fig. 5.27

U N A M	VARIACION DE LA ALCALINIDAD A.M. EN EL CANAL DENDHO.		
	TESIS PROFESIONAL	M.A. ROCA	R. PORTILLO. 1975

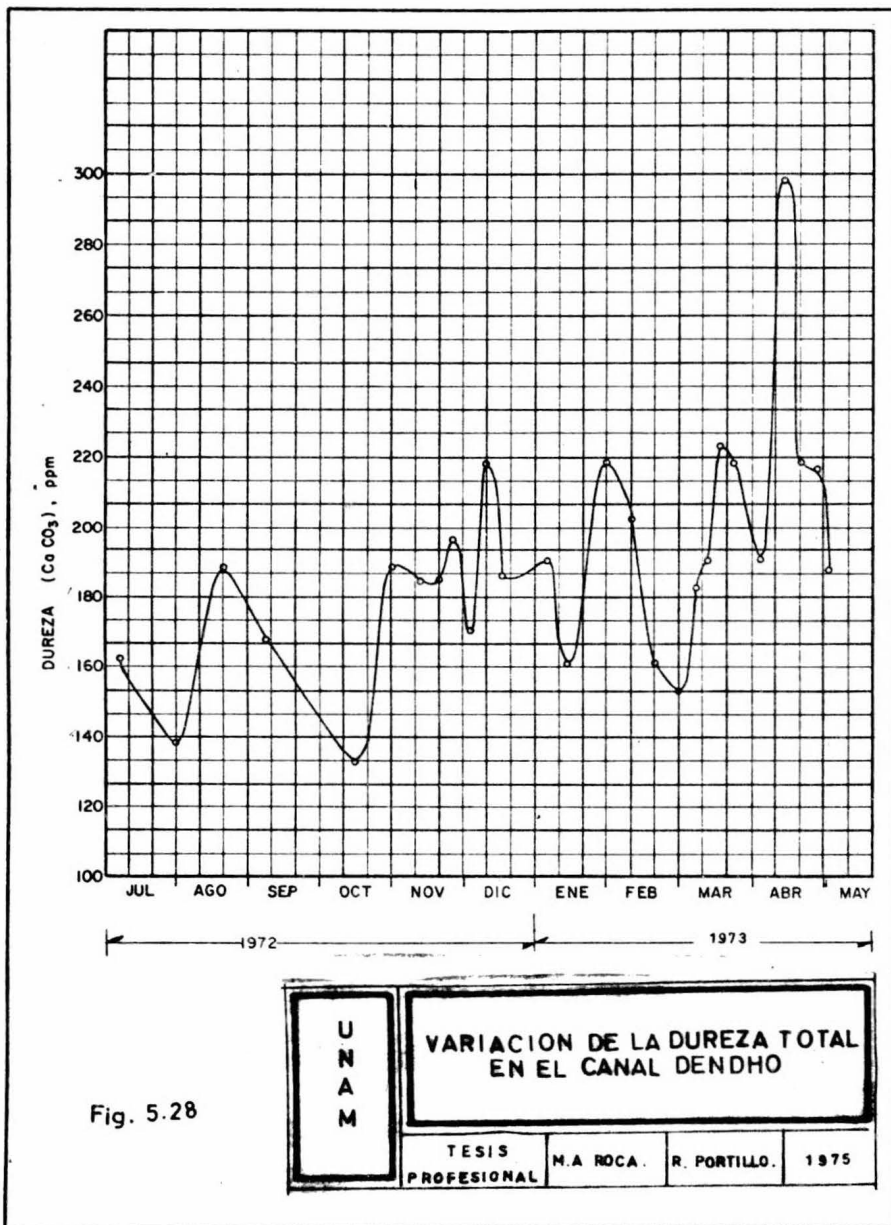


Fig. 5.28

U
N
A
MVARIACION DE LA DUREZA TOTAL
EN EL CANAL DENDHOTESIS
PROFESIONAL

M.A. ROCA.

R. PORTILLO.

1975

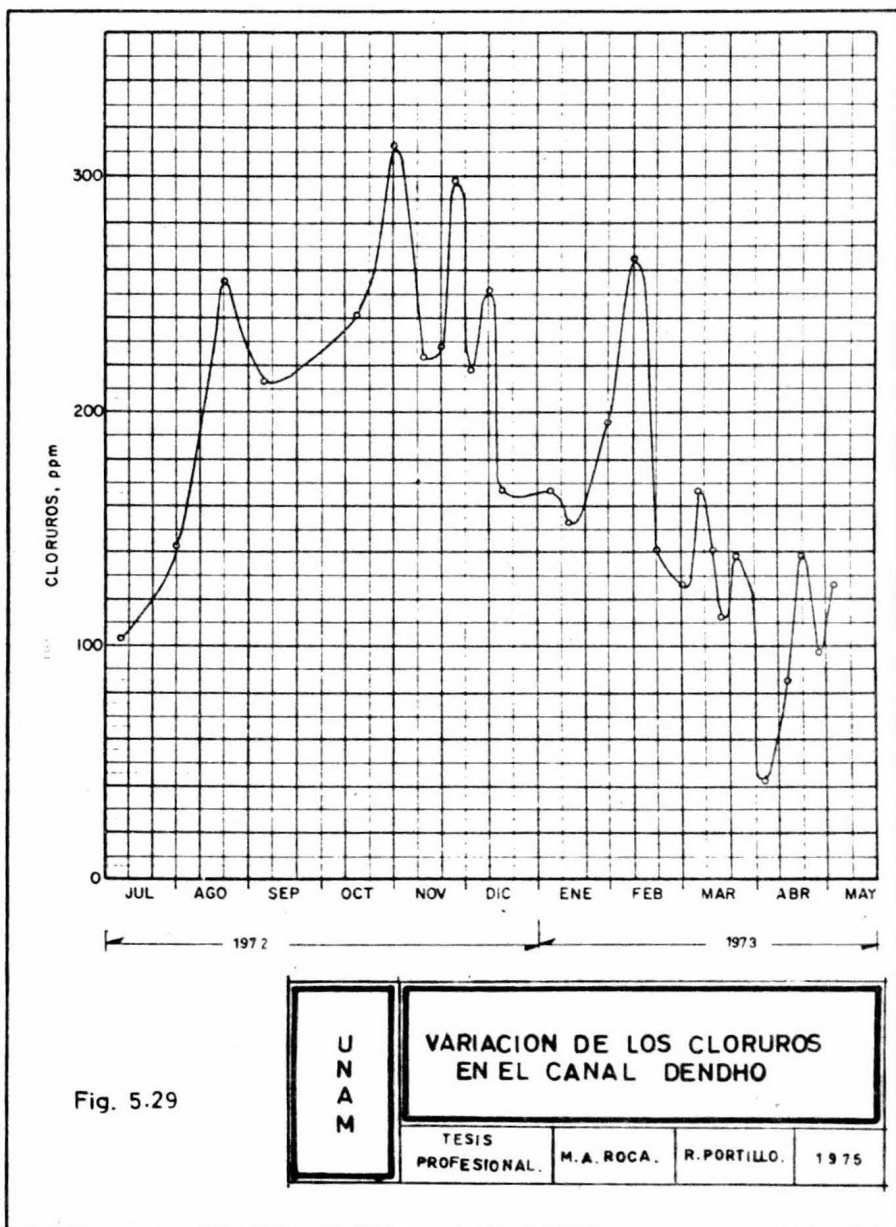


Fig. 5.29

U
N
A
MVARIACION DE LOS CLORUROS
EN EL CANAL DENDHOTESIS
PROFESIONAL.

M.A. ROCA.

R. PORTILLO.

1975

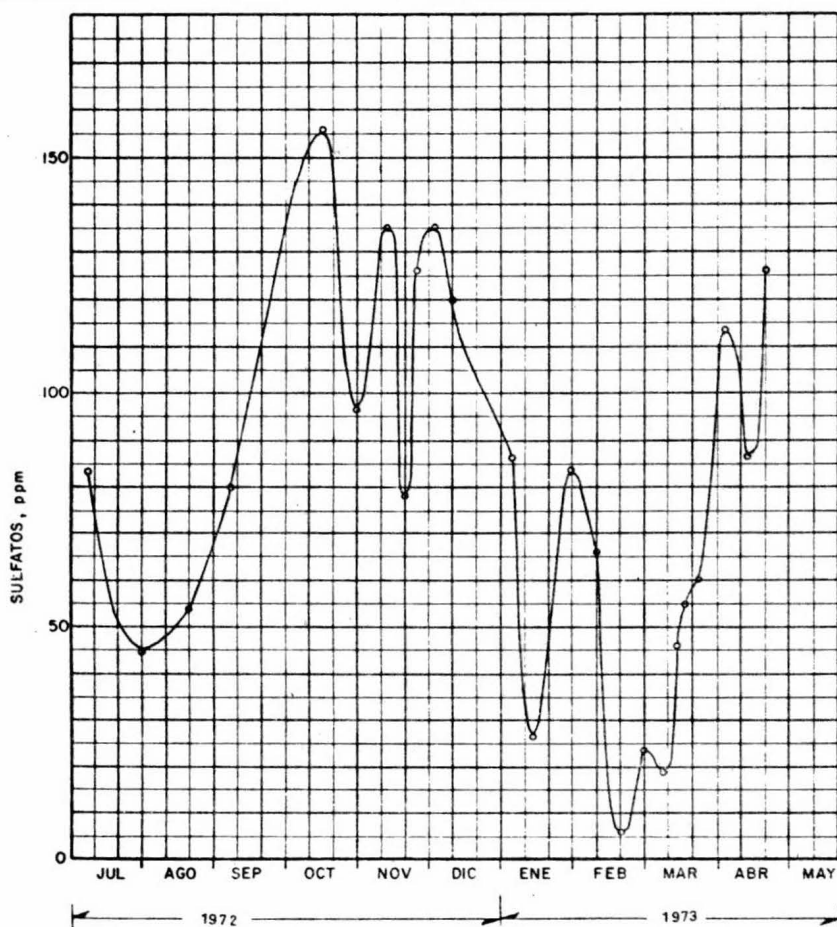


Fig. 5.30

U
N
A
M

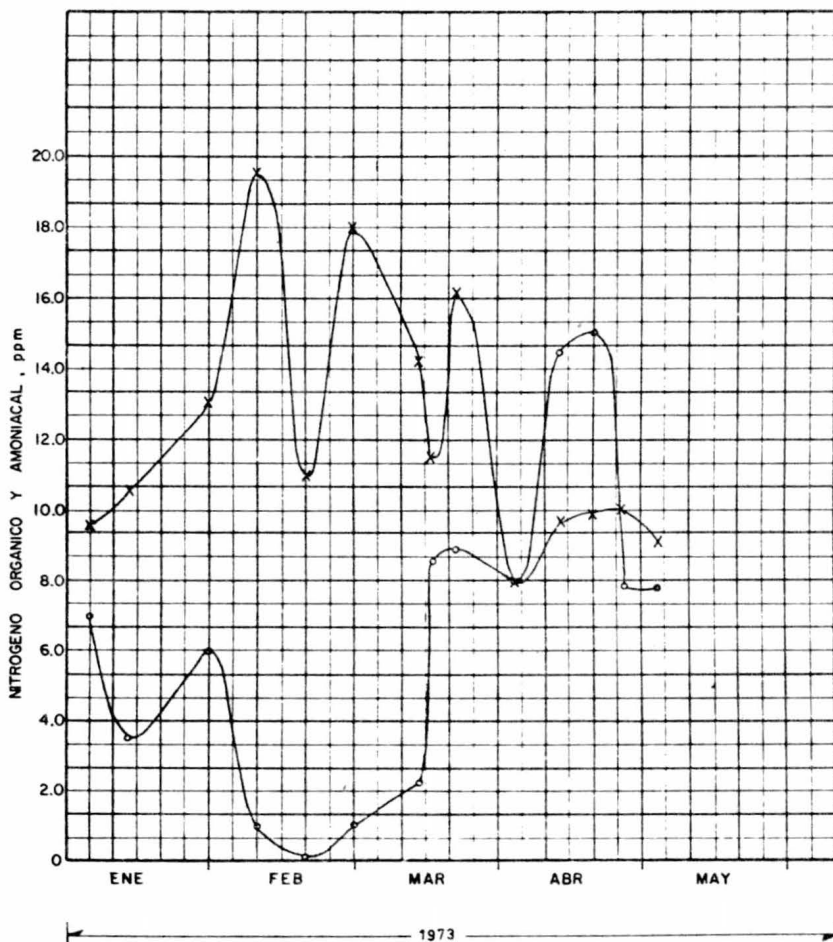
VARIACION DE LOS SULFATOS EN EL CANAL DENDHO.

TESIS
PROFESIONAL.

M. A. ROCA.

R. PORTILLO

1975



○ — ○ NITROGENO ORGANICO
 x — x NITROGENO AMONIAICAL

Fig. 5.31

U
N
A
M

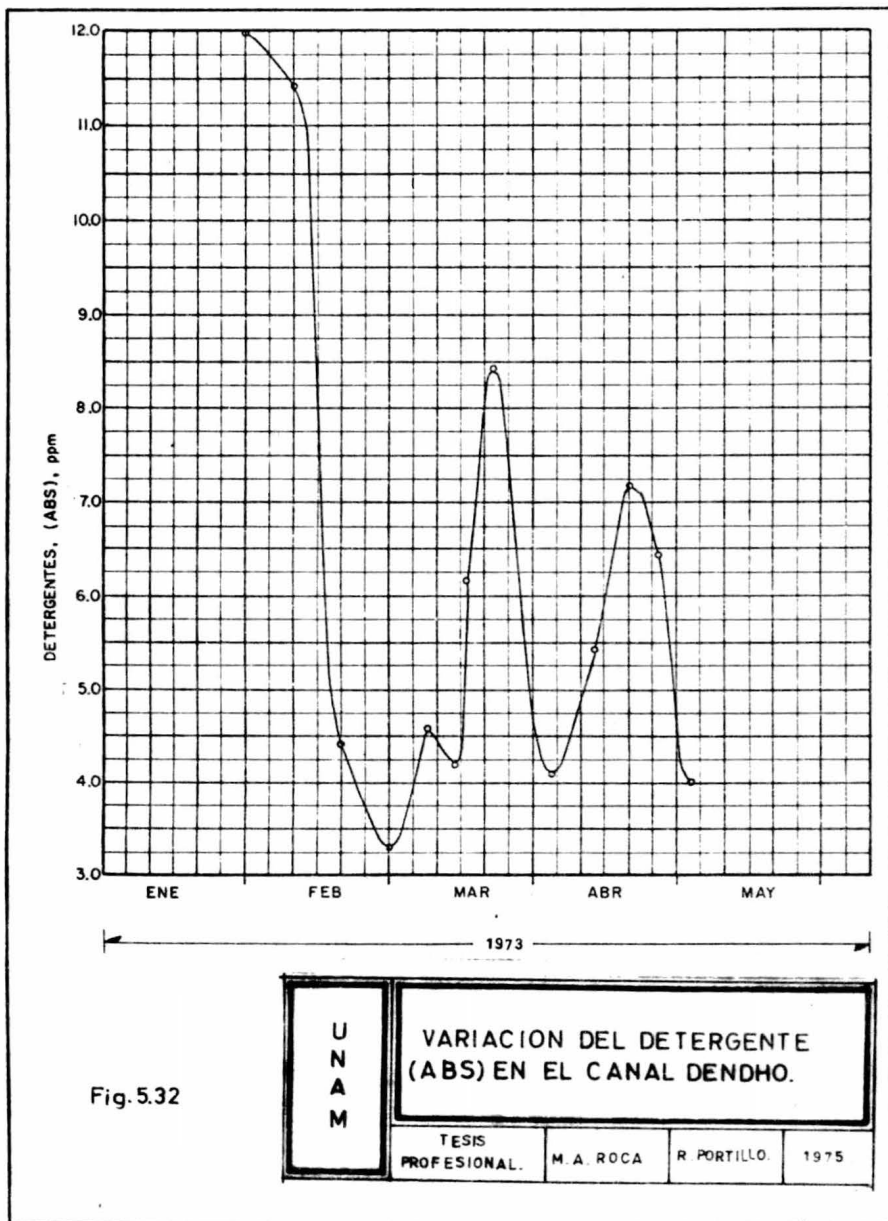
VARIACION DEL NIT.ORGANICO Y AMONIAICAL EN EL CANAL DEN-DHO.

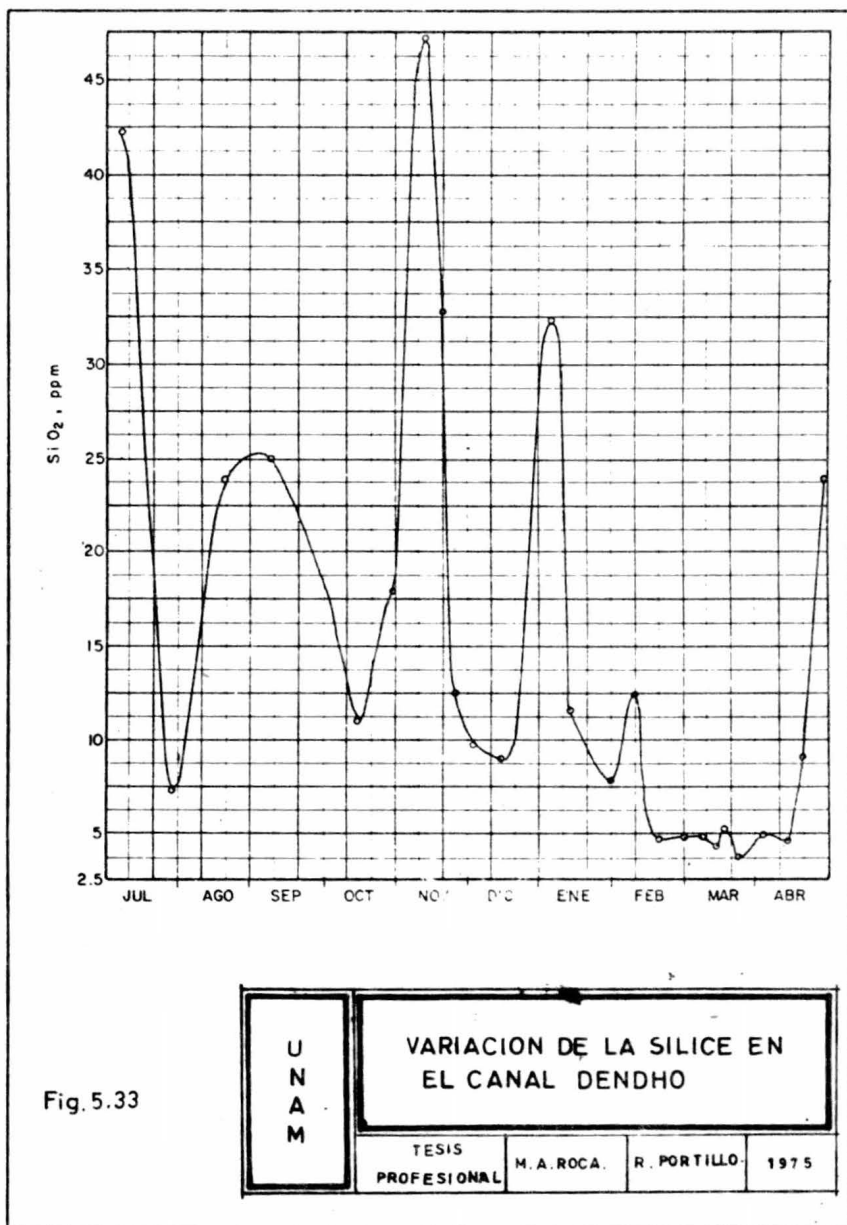
TESIS PROFESIONAL.

M. A. ROCA

R. PORTILLO

1975





C A P I T U L O

VI

SELECCION DE LA TUBERIA DE ABASTECIMIENTO

De acuerdo con los análisis realizados en los diferentes puntos de muestreo en el Distrito de Riego 03, del Río Tula (véase Fig. 1.1), el Canal Dendho que conduce en su cauce agua negra, resulta ser la más conveniente para proveer de agua a las torres de enfriamiento de la Refinería de Tula, ya que resulta ser de calidad superior a la que se encuentra en la Presa Tlamaco, puesto que en su recorrido de 7 km. se tienen pequeñas cascadas que aumentan su aereación en forma considerable; además de que estas aguas en la temporada de baja precipitación pluvial, es decir cuando tienen una contaminación máxima, se mezclan con aguas superficiales que provienen de la Presa Requena y que vienen a disminuir la concentración de los contaminantes.

Es de hacer notar que las aguas superficiales y de pozo aunque resultan ser las más convenientes para ser usadas como aguas de re - puesto en las torres de enfriamiento, sólo existen en algunos meses del año y de acuerdo con la relación de aforos (Tabla 5.1), su gasto es relativamente bajo para los requerimientos de la refinería.

Para determinar el transporte más económico del agua necesaria para abastecer las instalaciones petroleras situadas en el área de Tula, se efectuará un análisis comparativo de dos alternativas, consistentes en -- conducir el agua desde el Canal Principal Dendho hasta el lugar mencionado. Utilizando para ello bombeo por tubería de acero o bombeo por tubería de - asbesto-cemento.

6.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Primera alternativa. - Esta alternativa comprende el estudio de ingeniería y económico para bombear agua desde el Canal Principal - - - Dendho hasta la refinería. Los diámetros de las tuberías de acero que se seleccionaron para el análisis económico fueron de 24, 30, 36 y 42 pulgadas.

En la Tabla 6.1 se encuentran las características de la tubería, indicándose en la última columna los costos por kilómetro, tomando en cuenta la mano de obra de instalación, recubrimiento contra la corrosión -- (epoxialquitrán de hulla) y protección catódica con ánodos de sacrificio ZnAl.



QUIM. C.

TABLA 6.1

Diámetro (pulg)	Espesor de pared (pulg)	Costo tubería + instalación + recubrimiento + protección catódica (\$/Km.)
24	0.250	2.017,660
30	0.312	3.410,500
36	0.375	4.192,200
42	0.500	4.910,350

Segunda alternativa.- Igual que la primera, pero usando tubería de asbesto-cemento tipo A-7 en vez de acero. Las características, costos de material y de instalación se encuentran en la Tabla 6.2

TABLA 6.2

Diámetro (pulg)	Area (pie ²)	Costo tubería + instalación
24	3.14	1.023.200
30	4.90	1.456,950
36	7.06	1.957,380
42	9.64	2.895,360

6.2 CALCULO DE TUBERIAS

Primera alternativa. - En esta alternativa, los cálculos se hicieron tomando como base las ecuaciones de Bernaulli y de Fanning (B.8).

TABLA 6.3

Diámetro nominal D, pulg.	24	30	36	42
Area, A, pies.	3.14	4.90	7.06	9.64
Gasto G, gpm.	15840 $\frac{1m^3}{seg.}$	15840	15840	15840
Velocidad, v, pies/seg.	11.22	7.20	5.00	3.67
No. de Reynolds, Re	1.74×10^6	1.39×10^6	1.16×10^6	0.99×10^6
Rugosidad, \bar{D}	0.00008	0.00006	0.000046	0.000041
Coef. de Fric. f.	0.0125	0.0124	0.0126	0.0130
Longitud, L, pies	4262.3	4262.3	4262.3	4262.3
Carga por fricción debida a accesorios, válvulas, - codos, etc. pies $1b_f/1bm$	26.56	4.80	2.2	1.2
Carga por fricción en la línea, H_f , pies $1b_f/1bm$	52.06	17.01	6.67	3.05
Gradiente de altura, Z, - pies	98.36	98.36	98.36	98.36
HP, teórico	707.40	481.87	430.00	411.48
Eficiencia, %	80	80	80	80
HP, real	884.25	602.33	537.51	514.35

Segunda alternativa. - En esta alternativa, los cálculos se hicieron tomando como base las ecuaciones de Bernaulli y de Fanning (B.8).

TABLA 6.4

Diámetro nominal D, pulg.	24	30	36	42
Area, A, pies.	3.14	4.90	7.06	9.64
Gasto G, gpm.	15840 $\frac{1m^3}{seg.}$	15840	15840	15840
Velocidad v, pies/seg.	11.22	7.20	5.00	3.67
No. de Reynolds, Re.	2.09×10^6	1.67×10^6	1.398×10^6	1.19×10^6
Rugosidad, \bar{D}	0.0016	0.0012	0.001	0.00085
Coef. de Fric. f.	0.0138	0.0135	0.0132	0.013
Longitud, L, pies	4262.3	4262.3	4262.3	4262.3
Carga por fricción debida a accesorios, válvulas, - codos, tes, etc. pies - - $1b_f/1bm.$	28.77	5.23	2.40	1.30
Carga por fricción en la línea, H_f , pies $1b_f/1bm.$	56.40	18.54	7.28	3.314
Gradiente de altura, Z. - pies	98.36	98.36	98.36	98.36
HP teórico	735.98	489.75	433.25	412.92
Eficiencia %	80	80	80	80
HP real	919.97	612.19	541.57	516.15

6.3 ESTUDIO ECONOMICOPrimera alternativa. -TABLA 6.5*

Diámetro	24	30	36	42
HP reales	884	602	537	514
Costo tubería instalada incluye instalación, recubrimiento anti corrosivo y protección catódica. \$/Km.	2.017,660	3.410,500	4.192,200	4.910,350
Costo de 3 Km. de tubería. \$	6.052,980	10.231,500	12.576,600	14.731,050
Costo de 4 bombas con accionador e instalación. \$	1.060,000	882,000	854,000	848,000
<u>Inversión total \$</u>	7.112,980	11.113,500	13.430,600	15.579,050
Gastos de operación Kw-hr, - 0.25 \$	1.444,226	983,511	877,318	839,742
Gastos de personal. \$	96,000	96,000	96,000	96,000
Gastos de mantenimiento a -- bombas (3% de su costo). \$	31,800	26,460	25,620	25,440
Amortización, 12 años y 8% de interés por año. \$	943,892	1.474,761	1.782,240	2.067,339
<u>Gasto total anual \$</u>	2.515,918	2.580,732	2.781,178	3.028,521
Costo de bombeo \$/m ³ de -- agua.	0.0797	0.0818	0.0881	0.0960

* Datos tomados de cartas y gráficas, así como consideraciones del Departamento de Programación y Costos del Instituto Mexicano del Petróleo.

Segunda alternativa.-

TABLA 6.6*

Diámetro, pulg.	24	30	36	42
HP reales.	919	613	541	516
Costo tubería instalada \$/Km.	1.023,200	1.456,950	1.957,380	2.895,360
Costo de 3 Km. de tubería. \$	3.069,600	5.827,800	7.829,520	8.686,080
Costo de 4 bombas con accionador e instalación. \$	1.080,000	889,000	861,000	851,000
<u>Inversión total \$</u>	<u>4.149,600</u>	<u>6.716,800</u>	<u>8.690,520</u>	<u>9.337,080</u>
Gastos de operación Kw-hr, - 0.25 \$	1.501,407	1.001,480	883,853	843,010
Gastos de personal. \$	96,000	96,000	96,000	96,000
Gastos de mantenimiento a -- bombas (3% de su costo). \$	32,400	26,670	25,830	25,530
Amortización, 12 años y 8% - de interés por año. \$	550,652	891,319	1.153,232	1.239,030
<u>Gasto total anual \$</u>	<u>2.180,459</u>	<u>1.988,800</u>	<u>2.158,915</u>	<u>2.203,570</u>
Costo de bombeo \$/m ³ de - agua.	0.0691	0.0630	0.0684	0.0698

* Datos tomados de cartas y gráficas, así como consideraciones del Departamento de Programación y Costos del Instituto Mexicano del Petróleo.

De acuerdo con las Tablas 6.5 y 6.6 resulta más económico usar tubería de asbesto-cemento que de acero al carbón, además se nota que el costo de bombeo es más bajo con tubería de 30' de diámetro nominal.

C A P I T U L O

VII

DISEÑO DE LA PLANTA TRATADORA DE AGUA PARA LA
REFINERIA DE TULA.

El proceso mas recomendable para el tratamiento de las aguas negras, tomando para abastecimiento el Canal Dendho, es el de lodos activados (B, 2), basado en la oxidación biológica aerobía de la materia orgánica, bajo los siguientes pasos: -
(véase Fig. 7.1)

Desbastación

Desarenación

Sedimentación primaria

Aereación

Sedimentación secundaria

Clorinación

- 1) A través de una rejilla se eliminan las partículas grandes; trozos de metal, madera y otros materiales.
- 2) El agua negra ya sin sólidos grandes, pasa a un desarenador, que es un sedimentador de poca profundidad, ya que las aguas negras de la Ciudad de México contienen gran-

cantidad de arena.

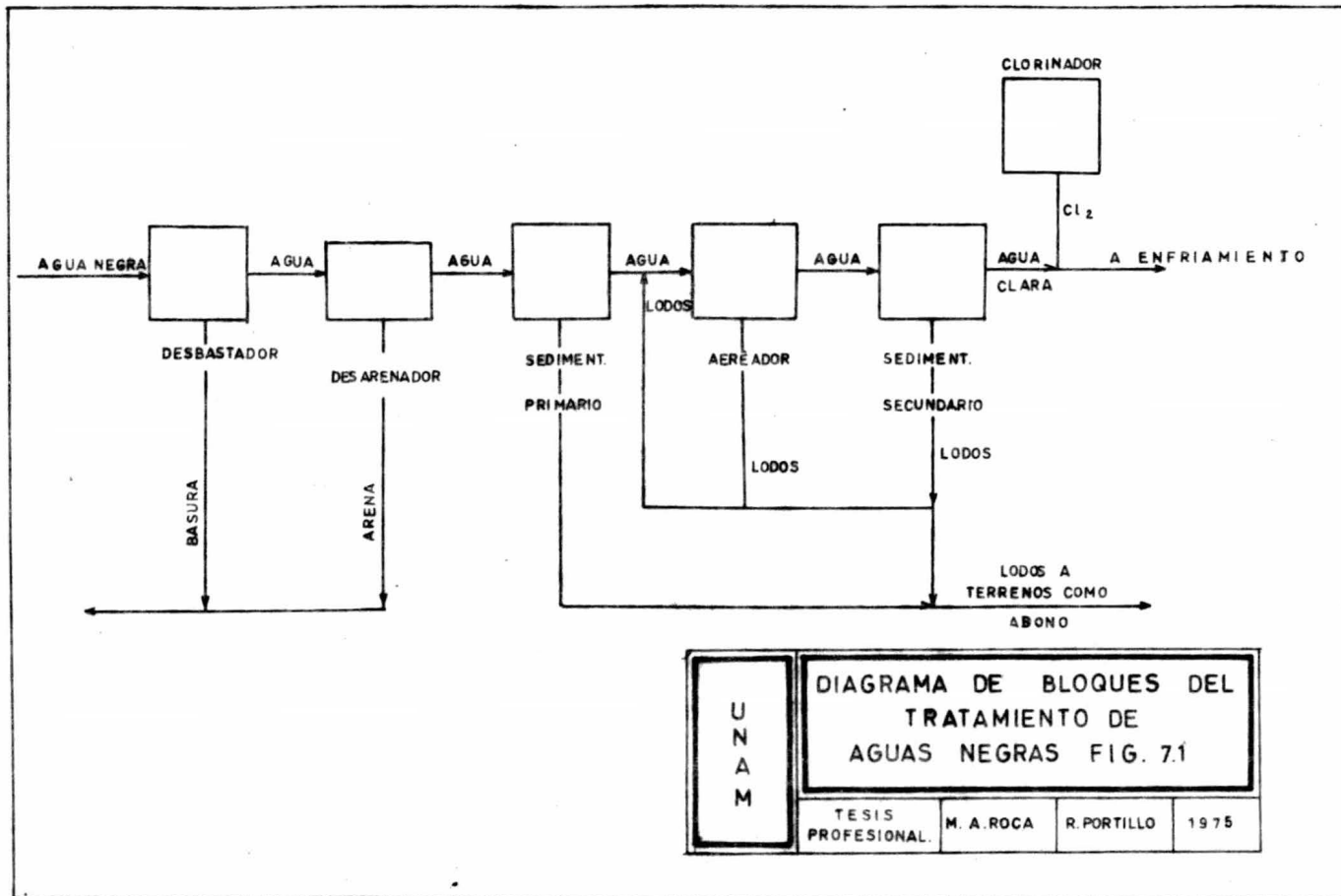
- 3) El agua desarenada pasa a un sedimentador primario en donde se elimina aproximadamente 65% de materia orgánica. De este sedimentador salen dos corrientes, una mayor que va a un aereador y otra menor que se retira del sistema y que contiene los lodos y las natas.

- 4) A la corriente principal que sale del sedimentador primario, se le unen los lodos de recirculación del sedimentador secundario y del aereador. Estos lodos llevan los microorganismos que favorecen la eliminación de materia orgánica en el aereador y en el sedimentador secundario. La mezcla de corrientes (agua del sedimentador primario y lodos de recirculación del aereador y del secundario) pasa al aereador en donde se introduce una corriente de aire para alimentar de oxígeno a los microorganismos.

- 5) Una corriente sale del aereador para entrar al sedimentador secundario. De este sedimentador sale una corriente principal con agua clarificada y los lodos de recirculación.

- 6) El agua clarificada del sedimentador secundario se envía a los clorinadores, en donde se adiciona cloro hasta mantener 0.5 ppm. de cloro residual.

Con este tipo de tratamiento puede disponerse de una agua de calidad suficiente como para poder utilizarse en los sistemas de enfriamiento.



UNAM	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS FIG. 7.1			
	TESIS PROFESIONAL.	M. A. ROCA	R. PORTILLO	1975

Con la planta propuesta de un proceso biológico de lodos activos se tratará tanto el agua del afluente que procede de aguas negras municipales de la Ciudad de México, como el agua del efluente de la refinería que, mezclados podrían tratarse por un mismo procedimiento para conseguir la calidad de agua necesaria para fines de enfriamiento. Otros tratamientos específicos del agua para la refinería, como son dotación de agua potable, alimentación a calderas, separadores de aceite, estaciones de bombeo, líneas de distribución y sistemas de drenaje general de la planta, tendrán que estudiarse separadamente.

7.1 BASES DE DISEÑO PARA LOS TANQUES, PRIMARIO, SECUNDARIO Y AEREAADOR.

La planta será diseñada para una capacidad de 1,000 l/seg, con carga promedio de 250 ppm de DBO y máxima de 300 ppm; con un promedio de 280 ppm de sólidos suspendidos y con un rendimiento en el tratamiento secundario de 90% con respecto al DBO y a los sólidos suspendidos.

El diseño se hará de acuerdo a las normas de los diez estados (B, 3) y a las normas de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

7.2 TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Rejillas.

Debido a que las aguas negras en su caudal llevan consigo mucha basura (pedazos de madera, pedazos de plástico, etc) es necesario un tratamiento preliminar, consistente en una rejilla para cada uno de los puntos de entrada antes del bombeo.

Esta rejilla consta de una parrilla de barras planas colocada en una posición inclinada (45°), las barras de 1/4" están espaciados 2 cms. entre una y la otra; estas rejillas son de limpieza manual; es de hacer notar - que la rejilla va soldada al tubo de alimentación de la bomba y éste también estará cortado con una sección de 45°; el tubo estará sumergido en la corriente del río.

Desarenadores:

La experiencia demuestra que un tanque desarenador de poca profundidad, cuya sección y longitud sean tales, que la velocidad promedio sea de 0.30 m/seg con un período de retención de 1 min. (B 4 .)

Para el caso de un desarenador con un gasto de 0.25 m³/seg y anticipo de retención de 60 seg por lo que el volumen será

$$V = \frac{0.25 \text{ m}^3}{\text{seg.}} \times 30 \text{ seg} = 15 \text{ m}^3$$

$$\text{y la sección será: } \frac{0.25 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.30 \text{ m/seg}} = 0.835 \text{ m}^2.$$

7.3 SEDIMENTADOR PRIMARIO.

La Fig. 7.2 (B, 4) representa el tiempo de sedimentación en los sedimentadores primarios, contra el rendimiento, tomando como parámetro los sólidos suspendidos en la carga, lo cual indica que para tener un 50% de rendimiento en el sedimentador primario basta un tiempo de 1.90 horas.

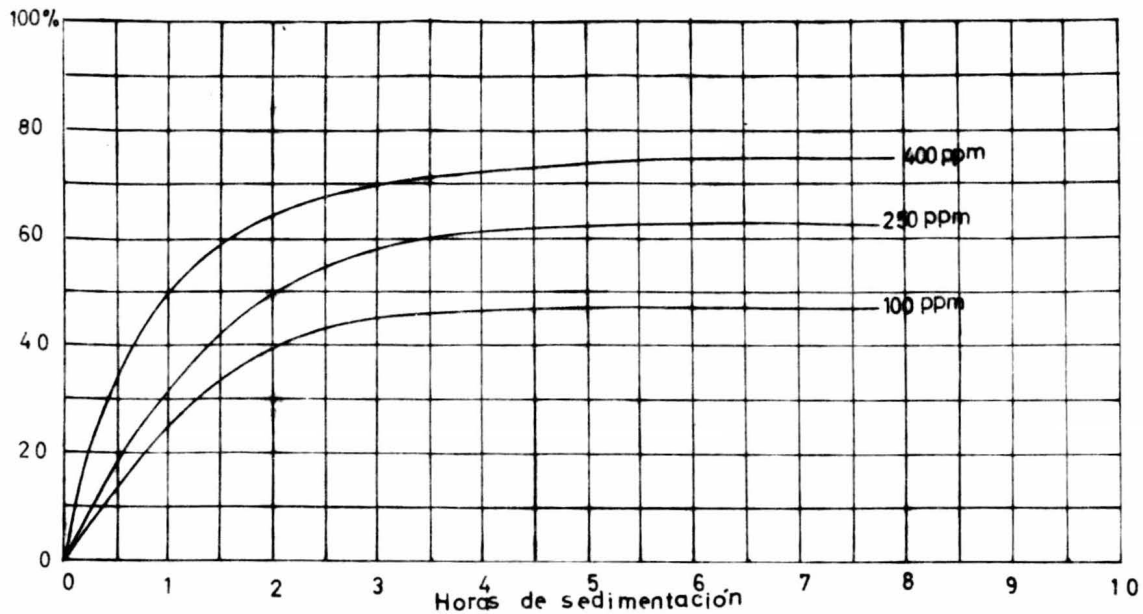
Para un gasto $Q=1,000$ l/seg y un tiempo de sedimentación de 1.95 horas, el volumen necesario para el sedimentador será:

$$V = 1,000 \text{ l/seg} \times 1.95 \text{ hr} \times 3,600 \text{ seg/hr} \times 1 \text{ m}^3/1,000 \text{ lt} = 7,000 \text{ m}^3$$

Para obtener la profundidad del tanque primario, a una remoción de DBO de 30-33% en la carga, de acuerdo con la Tabla 7.1, la capacidad superficial de sedimentación $Q_s = 43 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$, entonces la superficie total del sedimentador será:

$$A = \frac{Q}{Q_s} = 1,000 \text{ l/seg} \times 3,600 \text{ seg/hr} \times 24 \text{ hr/1 día} \times 1/43 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}.$$

$$A = 2,000 \text{ m}^2$$



U N A M	REMOCION DE MATERIA SUSPENDIDA POR SEDIMENTACION FIG. 7.2		
	TESIS PROFESIONAL	M. A. ROCA	R. PORTILLO 1975

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD SUPERFICIAL DE SEDIMENTACION DE LAS AGUAS NEGRAS Y LA REMOCION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN TANQUES DE SEDIMENTACION PRIMARIA

CAPACIDAD SUPERFICIAL DE SEDIMENTACION		Remoción de la D.B.O
Galones por pie ² /día.	Litros por m ² /día	%
400	16,290	37.0
500	20,370	36.5
600	24,440	35.5
700	28,510	34.5
800	32,580	34.0
900	36,660	32.5
1,000	40,730	32.0
1,500	61,100	27.0
2,000	81,460	21.0

ya que el tanque es rectangular su volumen está dado por:

$V = Axh$ de donde la profundidad será:

$$h = \frac{V}{A} = \frac{7,000 \text{ m}^3}{2,000 \text{ m}^2} = 3.50 \text{ m}$$

debido a que un tanque de $2,000 \text{ m}^2$ de superficie resulta fuera de las normas de diseño se tendrán cuatro tanques de $50 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$.

(B, 3).

Se fijó en los tanques un ancho de 10 m ya que se trata de una de las medidas comerciales de los desnatadores y las rastras.

En la Fíg. 7.3 se tiene un corte seccional del sedimentador primario, donde se nota en forma más detallada, las estructuras y espesores más adecuados para las dimensiones de diseño del sedimentador primario, el cálculo de estas estructuras y espesores se llevó a cabo por asesoría de Ingeniería Civil; los volúmenes de obra se dan en la Tabla 7.2

Volúmen de excavación (suponiendo un promedio de 60 cm . de claro para la cimbra).

Ancho.	11.5 m
Lado	51.5 m
Profundidad	4.1 m.
Carcamo de lodos.	0.3 m ³
Excavación total.	2428.5 m ³

Plantilla: (m³ de concreto)

$$50 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 25 \text{ m}^3$$

Para el cálculo del cárcamo de lodos que se encuentra en la parte baja del sedimentador, se tomó como base un asentamiento del 50% de los sólidos suspendidos, de donde la cantidad de sólidos asentada por día será:

$$280 \text{ ppm} \times .50 \times 1,000 \text{ l/seg.} \times 3,600 \text{ seg/hr} \times 24 \text{ hr/día} = 1.2 \text{ m}^3/\text{día.}$$

Volumen de concreto:

Muros mayores	=	(área de la sección) (largo) x 2	=	85 m ³
	=	(0.85 m ²) (50 m) (2)		
Muros menores	=	(área de la sección) (largo) x 2	=	17 m ³
	=	(0.85 m ²) (10 m) (2)		
Lozeta.	=	ancho x largo x profundidad.	=	125 m ³
		10 m x 50 m x 0.25 m.		
Deflector	=	(área de la sección) (largo)	=	2 m ³
	=	(0.2 m ²) (10 m).		
Lozeta superior.	=	ancho x largo x profundidad.	=	2 m ³
		2.5 m x 10 m x .08 m.		
T o t a l	=		=	231 m ³

En la profundidad se encuentran incluidos 0.5 m. de bordo libre.

Címbra (m²):

Muros mayores	=	Largo x ancho x 2 x 2 50 m x 4.0 m x 2 x 2	= 800 m ²
Muros menores	=	largo x ancho x 2 x 2 10 m x 4.0 m x 2 x 2	= 160 m ²
Lozeta superior	=	largo x ancho 10 m x 2.5 m	= 25 m ²
Deflector	=	largo x ancho x 2 10 m x .2 m x 2	= 4 m ²
Cárcamo de lodos	=		3 m ²
<u>T o t a l</u>			972 m ²

Acero de refuerzo (Ton):

Muros mayores	=	6.327
Muros menores	=	1.261
Deflector	=	0.210
Lozeta inferior	=	8.240
Lozeta superior	=	0.192
<u>T o t a l</u>	=	16.230 Ton.

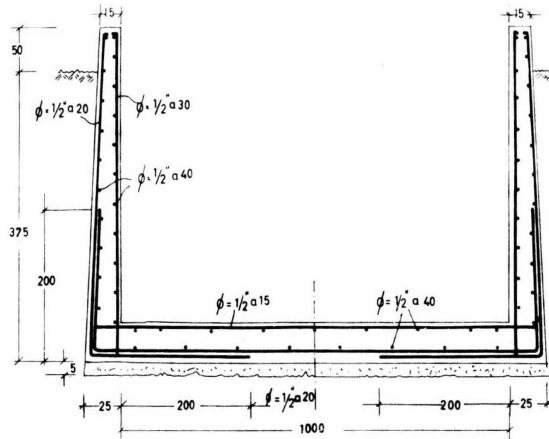
TABLA 7.2

VOLUMENES DE OBRA EN LOS TANQUES DE SEDIMENTACION PRIMARIA.

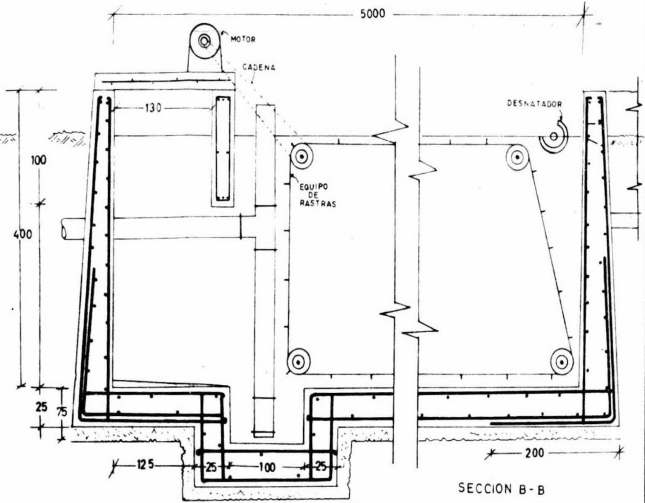
CONCEPTO:	Unidad:	4 Unidades:
Excavación (m ³)	2428.5	9714
Plantilla (m ³)	25	100
Concreto (m ³)	231	924
Cimbra m ²	972	3,888
Acero de refuerzo ton.	16,230	64.920

Equipo de rastras.

Las rastras son de tipo longitudinal, de acuerdo con las normas de diseño para tanques de este volumen y para la cantidad de sólidos que se eliminan, la velocidad de las rastras en operación normal será de 0.6 m/min, usando para este fin un motor de 3/4 HP. El movimiento de las rastras se hace por medio de cadenas. Fig (7.3).

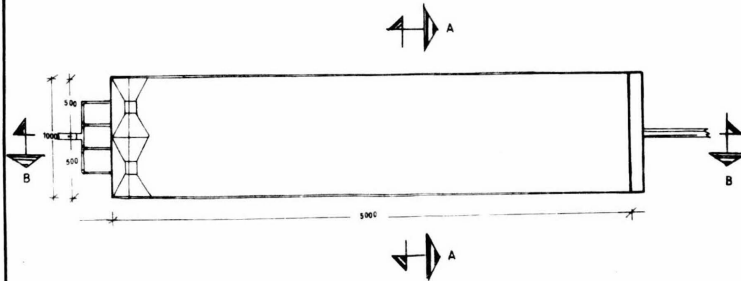


SECCION A-A



NOTAS GENERALES

1. Acotaciones en cm, excepto donde se indique otra unidad.
2. Las acotaciones y espaciamientos son centro a centro (varillas).
3. Cuando no se indique espaciamiento de varillas, se entenderá que van uniformemente distribuidas.
4. Todas las aristas expuestas tendrán un bisel de 2.5 cm.
5. Acero grado duro $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, para normas de calidad soldadura y traslapes, ver especificaciones, ASME.
6. Concreto con resistencia $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.
7. El material de relleno estará libre de residuos orgánicos y deberá compactarse en capas de 15 cm de espesor.
8. En el desplante de las cimentaciones, se colará una plantilla de concreto pobre ($f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$) de 5 cm de espesor.
9. Las secciones A-A y B-B no están a escala y solo muestran detalles.
10. La escala de la vista superior es de 1:250.



VISTA SUPERIOR

U N A M	TANQUE PRIMARIO FIG 73		
	15 5 PROFESIONAL	M A BOLA	R PORTILLO 19 75

Cárcamo de mezclado de sedimentador primario.

Este cárcamo va junto al sedimentador primario tiene por objeto mezclar el efluente del tanque primario, al aereador; las dimensiones del cárcamo son 1 m x 10 m x 1.5 m.

Los volúmenes de obra del cárcamo de mezclado se encuentran en la Tabla 7.2-A

TABLA 7.2-A

VOLUMENES DE OBRA EN LOS CARCAMOS DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACION PRIMARIA.

CONCEPTO:	Unidad.	4 Unidades.
Excavación (m ³)	20.0	80.0
Plantilla (m ³)	0.5	2.0
Concreto (m ³)	3.7	7.4
Cimbra (m ²)	18.0	72.0
Acero de refuerzo (kg)	148.0	592.0

Desnatadores.

Los desnatadores son de tipo tubular de acero inoxidable de 12 pulgadas de diámetro, de operación manual, usando dos tubos para cada unidad, que van colocados en la última cuarta parte del tanque y espaciados uno del otro en 5 m.

Carga del vertedero:

El vertedero del tanque se encuentra en la parte final de éste, la carga se calcula de acuerdo con el flujo de agua y la longitud del vertedero, para este caso, la longitud del vertedero será del ancho del tanque (10 m), por tanto la carga del vertedero será:

$$\frac{250 \text{ l}}{10 \text{ m}} = \frac{25 \text{ l}}{\text{m}}$$

que está dentro de los límites de diseño. (B, 3)

7.4 AERADOR:

En el diseño del tanque acercador se tomará como base la alimentación de DBO residual proveniente del tanque primario, que es de 167.5 ppm y con un gasto de 250 l/seg., por lo que la cantidad de DBO a tratar por día es de:

$$167.5 \text{ mg/l} \times 250 \text{ l/seg} \times 3,600 \text{ seg/hr} \times 24 \text{ h/d} \times 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} = 3,610 \text{ Kg/d.}$$

De acuerdo con la literatura (B, 4) se considerará una carga unitaria de 35 kg de DBO por 100 kg de sólidos suspendidos en el tanque -- aereador, por lo que la cantidad de sólidos en el aereador será:

$$\frac{3,610 \text{ Kg/d} \times 100 \text{ Kg}}{35 \text{ Kg}} = 10,300 \text{ Kg/d.}$$

Si se escoge como valor común y promedio una concentración de sólidos a la entrada del aereador de 2,000 ppm, que es un valor típico y conveniente, la capacidad volumétrica del tanque de aereación será:

$$V = \frac{10,300 \text{ Kg}}{2,000 \text{ mg/l}} \times \frac{10^6 \text{ mg}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{\text{m}^3}{10^3 \text{ l}} = 5,150 \text{ m}^3$$

Por efectos comerciales se tomará un ancho en los tanques de -
aereación de 10 m. y tomando una profundidad de 5.4 m., con objeto
de tener un mayor tiempo de contacto el aire, el largo del tanques es:

$$\text{largo} = \frac{V}{(\text{ancho}) (\text{profundidad})} = \frac{5,150 \text{ m}^3}{10 \text{ m} \times 5.4 \text{ m.}} \quad 95.5 \text{ m.}$$

Por lo que el periodo de retención estará dado por: (considerando
una recirculación del 10% de la total).

$$t = \frac{5,150 \text{ m}^3}{0.275 \text{ m}^3/\text{seg.}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ seg.}} \quad 5.20 \text{ hr.}$$

Considerando un índice volumétrico de lodos de 125 para los tan-
ques de sedimentación final;

$$\text{IVL} = \frac{\text{porcentaje de sedimento (en volumen)}}{\text{porcentaje de sólidos suspendidos (en peso).}}$$

el índice de densidad de lodos (índice de Donalson) está dado por:

$$\text{IDL} = \frac{100}{\text{IVL}}$$

la concentración de sólidos en los lodos de retorno es por definición

$$\frac{100}{\text{IVL}} \times 10,000 \quad \text{IDL} \times 10,000$$

sustituyendo se tiene:

$$\frac{100}{125} \times 10,000 = 8,000 \text{ ppm.}$$

El porcentaje de regreso de los lodos será:

$$\frac{2,000 \text{ ppm}/8,000 \text{ ppm}}{1 - 2,000 \text{ ppm}/8,000 \text{ ppm.}} = 33.3\%$$

La figura 7.4 muestra datos obtenidos de la experiencia de plantas de tratamiento de agua por el método de lodos activados convencional; a través de los puntos que representan las eficiencias, se ha dibujado una curva representativa, para la cual se ha deducido la siguiente ecuación:

$$e = \frac{100}{1 + 0.03 (y / Wt)}$$

donde:

- e = eficiencia de remoción de DBO en el proceso (%)
- y = kilogramos de DBO aplicada al proceso, por día.
- W = Toneladas de sólidos suspendidos en el tanque de aereación, por día.
- t = período de retención en los tanques de aereación, basado en el flujo aplicado.

El término $y/Wt.$, se llama factor de carga F y se acredita a Fair.

Lo importante del diagrama representado en la Fig. 7.4 o de la ecuación, es que el conjunto de factores, y no sus valores separados, determina la eficiencia del proceso, haciendo posible predecirla de antemano; es decir en el Diseño.

Aplicando la fórmula, el factor de carga F será:

$$F = \frac{3,610}{10,3 \times 5,2} = 67,2$$

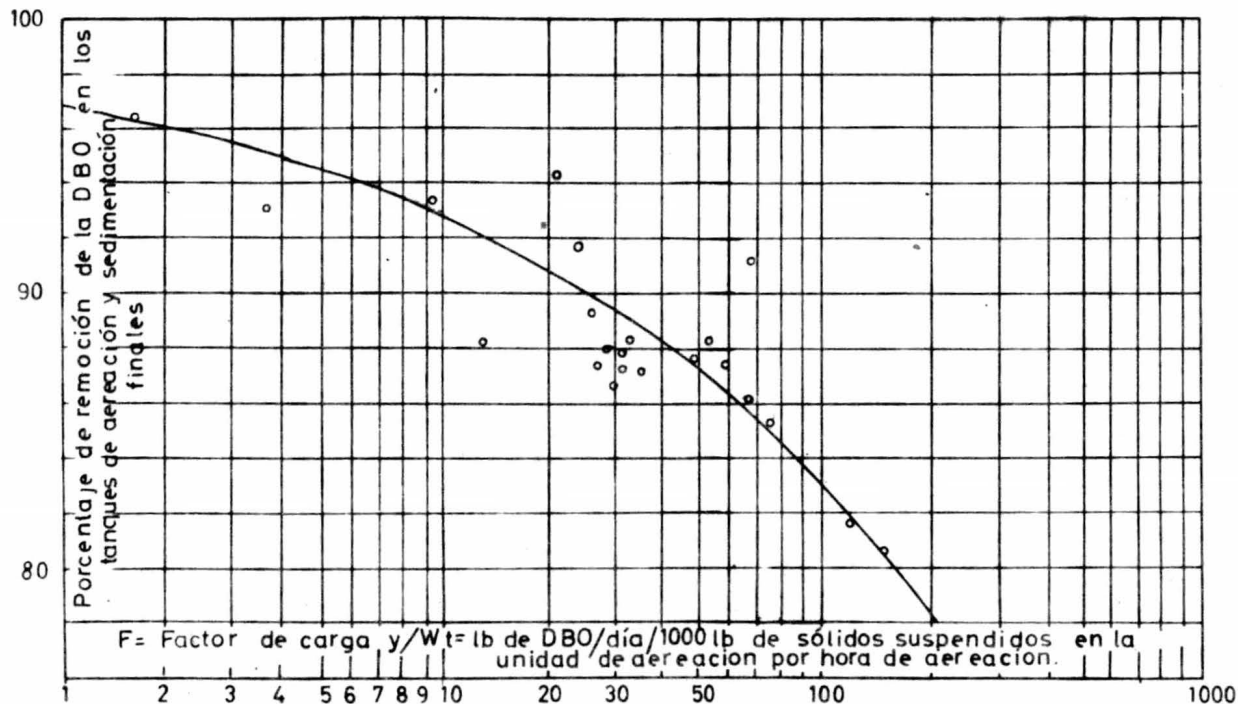
sustituyendo este valor en la eficiencia se tiene:

$$e = \frac{100}{1 + 0,03 (67,2)} = 86\%$$

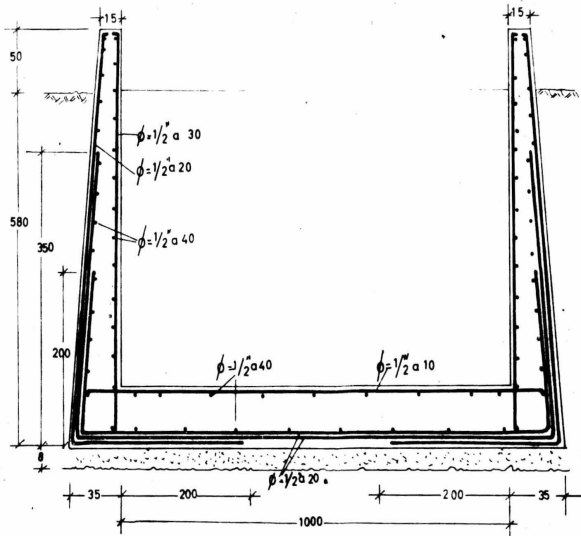
y la DBO residual en el eficiente será:

$$167 (1 - 0,86) = 23,5 \text{ ppm.}$$

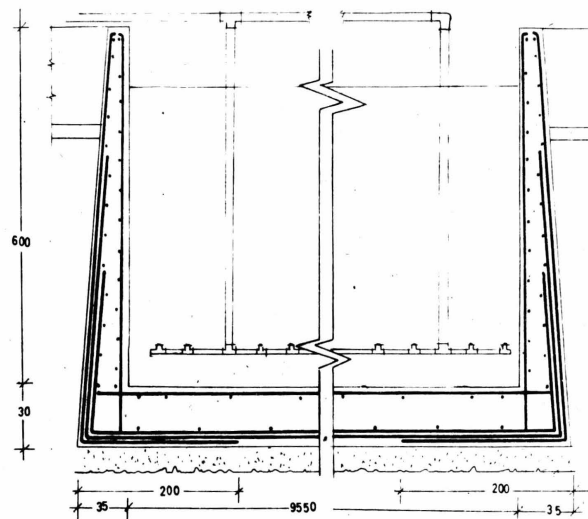
En la fig. 7.5 se tiene un corte seccional del aereador, en donde las estructuras de refuerzo se notan con más detalle, así como los espe



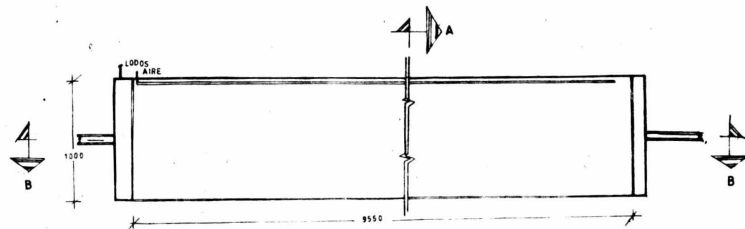
U N A M	GRAFICA SEGUN FAIR FIG. 74		
	TESIS PROFESIONAL	M. A. ROCA	R. PORTILLO 1975



SECCION A-A



SECCION B-B



VISTA SUPERIOR

NOTAS GENERALES.

1. Acotaciones en cm excepto donde se indique otra unidad
2. Las acotaciones y espaciamentos son centro a centro (varillas)
3. Cuando no se indique espaciamento de varillas, se entendera que van uniformemente distribuidas.
4. Todas las aristas expuestas tendran un bisel de 2.5 cm.
5. Acero grado duro $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ para normas de calidad soldadura y traslapes, ver especificaciones, ASME
6. Concreto con resistencia $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$
7. El material de relleno estara libre de residuos orgánicos y deberá compactarse en capas de 15 cm de espesor.
8. En el desplante de las cimentaciones, se colara una plantilla de concreto pobre ($f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$) de 8 cm de espesor
9. Las secciones A-A y B B no estan a escala y solo muestran detalles.
10. La escala de la vista superior es de 1:250

U N A M	TANQUE AEREAOR		
	FIG 75		
TESIS PROFESIONAL	M A ROCA	R PORTILLO	1975

sores de muros; el cálculo de estas estructuras y espesores se hizo con asesoría de Ingeniería Civil; los volúmenes de obra se dan en la Tabla

7.3

Volumen de excavación (suponiendo un promedio de 60 cms de claro para la cimbra).

ancho.	11.5 m
lado.	97.0 m
profundidad.	5.9 m
excavación total	6,581 m ³

Plantilla (m³ de concreto).

$$95.5 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 0.08 \text{ m} = 76.3 \text{ m}^3$$

Volumen de concreto (m³):

Muros mayores	=	(área de la sección) (largo) x 2	
	=	1.4 m ² x 95.5 m x 2	= 267 m ³
Muros menores	=	(área de la sección) (largo) x 2	
	=	1.4 m ² x 10 m x 2	= 28 m ³
Lozeta.	=	(ancho) (largo) (profundidad).	
	=	10.70 m x 95.5 m x 0.3 m	= 306 m ³
T o t a l	=		601 m³

En la profundidad se encuentran incluidos 0.5m. de bordo libre.

Cimbra (m²):

Muros mayores	=	(largo) (ancho) x 2 x 2	=	
	=	95.5 m x 6.0 m x 2 x 2	=	2,292 m ²
Muros menores	=	(largo) (ancho) x 2 x 2	=	
	=	10 m x 5.5 m x 2 x 2	=	240 m ²
T o t a l	=		=	2,450 m ²

Acero de refuerzo (ton):

Muros mayores	=	20.449
Muros menores	=	2.141
Lozeta.	=	23.33
T o t a l	=	45.920

TABLA 7.3

VOLUMENES DE OBRA EN LOS TANQUES DE AERACION.

CONCEPTO:	UNIDAD:	4 UNIDADES:
Excavación (m ³)	6581	26.324
Plantilla (m ³)	76.3	305.2
Concreto (m ³)	601	2404
Cimbra(m ²)	2450	9800
acero de refuerzo (ton).	45.920	183.680

Cárcamos de mezcla del aereador.

Similares, al cárcamo de mezclado del sedimentador primario. El primer cárcamo se encuentra al inicio del tanque aereador con objeto de mezclar la corriente de alimentación con los lodos recirculados;

el segundo cárcamo se encuentra en la parte final del tanque aereador con objeto de mezclar la corriente de alimentación con los lodos recirculados; el segundo cárcamo se encuentra en la parte final del tanque aereador -- con objeto de hacer homogénea la corriente de salida que será alimentada al tanque secundario. Los volúmenes de obra de estos cárcamos se encuentran en la Tabla 7.3-A.

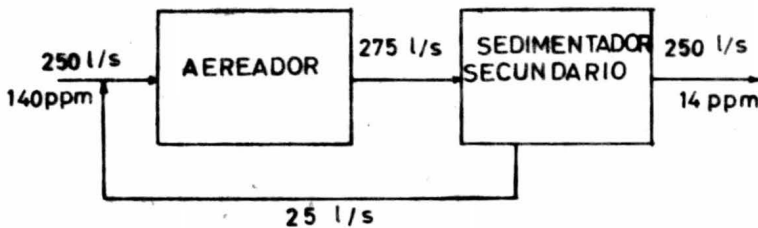
TABLA 7.3-A

VOLUMENES DE OBRA EN LOS CARCAMOS DE LOS TANQUES DE AEREACION.

CONCEPTO.	Unidad.	8 Unidades.
Excavación (m ³).	20.0	160.0
Plantilla (m ³).	0.5	4.0
Concreto (m ³).	3.7	14.8
Cimbra (m ²)	18	144.0
Acero de refuerzo (kg).	148	1,184.0

7.5 TANQUE SECUNDARIO:

Para el caso del diseño del tanque secundario de sedimentación final, las normas de diseño serán igualmente aplicadas que para el sedimentador primario, sólo que en este caso el volumen del tanque será un poco mayor debido a la recirculación de los lodos activados que aumentarán la corriente principal en un 10%, de acuerdo con el diseño del aerador la cantidad de sólidos recirculados es de 33.3% cuya concentración es de 8,000 ppm., la concentración de sólidos a la entrada del sedimentador es de 2,000 ppm, de acuerdo con esto se puede hacer un balance en volumen por medio del siguiente diagrama de bloques. (Fig.66)



U N A M	DIAGRAMA DE BLOQUES, PARA AERADOR - SEDIMENTADOR SECUNDARIO. FIG. 6.6		
	TESIS PROFESIONAL	M.A. ROCA	R PORTILLO 1973

Haciendo un balance en volumen para el aereador:

$$250 + (250) 0.10 = \text{salida} = 275$$

por lo que a la entrada del sedimentador secundario se tiene una alimen
tación de 275 l/seg de agua con 2,000 ppm de sólidos.

De acuerdo con la Fig. 7.2 el tiempo de retención disminuye a medida que aumenta la cantidad de sólidos, tomando un tiempo de reten
ción igual al sedimentador primario 1.95 hrs y de acuerdo con la Tabla
7.1 con una capacidad superficial de sedimentación $Q_s = 43 \text{ m}^2/\text{d}$; por
lo que el área del tanque será:

$$A = \frac{Q}{Q_s} = 275 \text{ l/seg} \times 3,600 \text{ seg/hr} \times 24 \text{ hr/d} \times \frac{1}{43} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d},$$

$$= 551 \text{ m}^2$$

y el volumen:

$$V = 275.5 \text{ l/seg} \times 1.90 \text{ hr} \times 3,600 \text{ seg/hr} \times 1 \text{ m}^3/1,00 \text{ l} = 1,930 \text{ m}^3$$

y la profundidad del tanque será:

$$h = \frac{V}{A} = \frac{1,930}{551} = 3.5 \text{ m.}$$

por lo que las dimensiones del tanque serán de 55 m x 10 m x 35 m al igual que en los tanques de sedimentación primarios se fijó un ancho de 10 m, ya que se trata de una de las medidas comerciales de los desnatadores y las -- rastras.

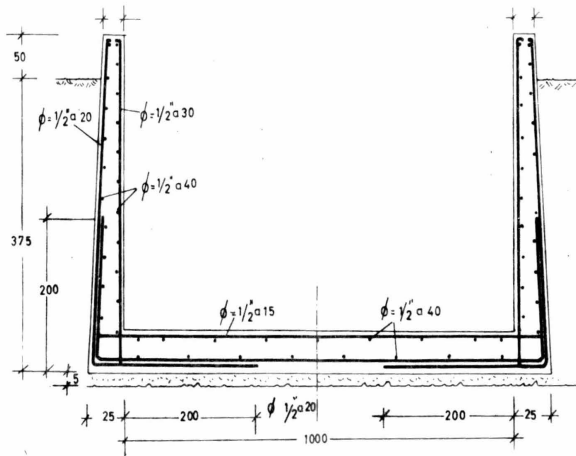
En la Fig. 7.7 se tiene una sección del tanque sedimentador secundario como se puede notar la estructura y forma es muy similar al tanque sedimentador primario, aunque aquí el largo es mayor, puesto que hay recirculación de lodos, los volúmenes de obra se dan en la Tabla 7.4

Volúmen de excavación (suponiendo un promedio de 60 cm. de claro para la cimbra.

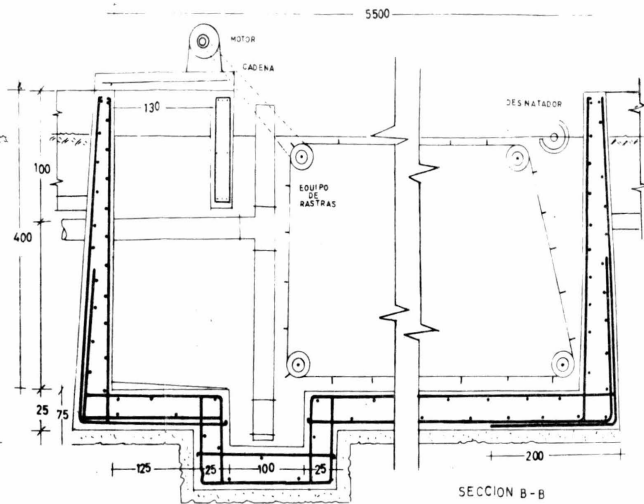
Ancho	11.5 m
Lado.	56.5 m.
Profundidad.	4.1 m
Cárcamo de lodos.	0.3 m ³
Excavación Total.	2664.2m ³

el volumen del cárcamo de lodos lo consideraremos igual que el del sedimentador primario.

En la profundidad se encuentran incluidos 0.5 m. de bordo libre.



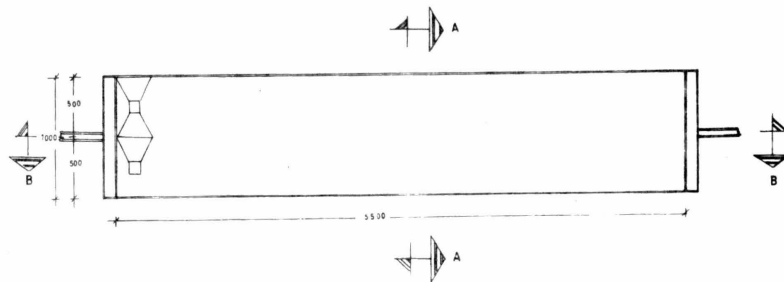
SECCION A - A



SECCION B - B

NOTAS GENERALES

1. Acolaciones en cm excepto donde se indique otra unidad.
2. Las acotaciones y espaciamientos son centro a centro (varillas)
3. Cuando no se indique espaciamiento de varillas, se entiende que van uniformemente distribuidas.
4. Todas las aristas expuestas tendran un bisel de 2.5 cm.
5. Acero grado duro $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, para normas de calidad soldadura y traslapes, ver especificaciones, ASME.
6. Concreto con resistencia $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.
7. El material de relleno estara libre de residuos organicos y debira compactarse en capas de 15 cm de espesor.
8. En el desplante de las cimentaciones, se colara una plantilla de concreto pobre ($f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$) de 5 cm de espesor.
9. Las secciones A-A y B-B no estan a escala y solo muestran detalles.
10. La escala de la vista superior es de 1:250.



VISTA SUPERIOR

U N I V. E S T. A R C H. I T A	TANQUE SECUNDARIO		
	FIG. 77		
T E C N I C O	A R C H. I T A	P O R T I L L O	1978

Plantilla (m³ de concreto)

$$55 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 27,5 \text{ m}^3$$

Volumen de concreto:

Muros mayores	=	(área de la sección) (largo) x 2 (0,85 m ²) (50 m) (2)	=	85 m ³
Muros menores	=	(área de la sección) (Largo) x 2 (0,85 m ²) (10 m) (2)	=	17 m ³
Lozeta.	=	(ancho x largo x profundidad) 10 m x 55 m x 0,25 m.	=	138 m ³
Deflector	=	(área de la sección) (largo) (0,2 m ²) (10 m)	=	2 m ³
Lozeta superior	=	ancho x largo x profundidad 2,5 m x 10 m x 0,08 m.	=	2 m ³
T o t a l :			=	224 m ³

C i m b r a (m²).

Muros mayores	=	largo x ancho x 2 x 2 55 m x 4,0 m x 2 x 2	=	880 m ²
Muros menores	=	largo x ancho x 2 x 2 10 m x 4,0 m x 2 x 2	=	160 m ²
Lozeta superior	=	largo x ancho 10 m x 2,5 m	=	25 m ²
Deflector	=	largo x ancho x 2 10 m x 0,2 m x 2	=	4 m ²
Cárcamo de lodos.	=		=	3 m ²
T o t a l :	=		=	1072 m ²

Acero de Refuerzo (Ton).

Muros mayores	=	6.938
Muros menores	=	1.261
Deflector.	=	0.210
Lozeta inferior.	=	8,240
Lozeta superior	=	0.192
T o t a l :		16.841 Ton.

TABLA 7.4**VOLUMENES DE OBRA EN LOS TANQUES DE SEDIMENTACION SECUNDARIA.**

C O N C E P T O:	Unidad.	4 Unidades.
Excavación (m ³)	2,664.2	10,656.8
Plantilla (m ³)	27.5	110
Concreto (m ³)	244	976
Cimbra (m ²)	1,072	4,288
Acero de Refuerzo (Ton)	16,841	67,364

Equipo de rastras:

Las rastras son de tipo longitudinal, de acuerdo con las normas de diseño para tanques de este volumen y para la cantidad de sólidos que se eliminan, la velocidad de las rastras en operación normal será de 0.6 m/min, usando para este fin un motor de 3/4 HP. El movimiento de las rastras se hace por medio de cadenas. fig. (7.5).

Desnatadores:

Los desnatadores son de tipo tubular de acero inoxidable de 12" de diámetro, de operación normal, usando dos tubos para cada unidad, que van colocados en la última cuarta parte del tanque y espaciados uno del otro en 5 m.

Carga del vertedero:

El vertedero del tanque se encuentra en la parte final de éste, la carga se calcula de acuerdo con el flujo de agua y la longitud del vertedero será del ancho del tanque (10 m), por tanto la carga del vertedero por metro lineal; será:

$$\frac{250 \text{ l}}{10 \text{ m}} = \frac{25 \text{ l}}{\text{m}}$$

Cárcamo de mezclado del sedimentador secundario.

El sedimentador secundario tiene a la entrada de la corriente de alimentación, un cárcamo con objeto de distribuir la corriente en forma homogénea, a lo ancho del tanque; este cárcamo es de iguales dimensiones, al cárcamo del sedimentador primario 1 m x 10 m x 1.5 m.

Los volúmenes de obra de este cárcamo se encuentran en la Tabla 7.4-A

TABLA 7.4-A

VOLUMENES DE OBRA EN LOS CARCAMOS DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACION SECUNDARIA

CONCEPTO:	Unidad	4 Unidades
Excavación (m ³)	20.0	80.0
Plantilla (m ³)	0.5	2.0
Concreto (m ³)	3.7	7.4
Cimbra (m ²)	18.0	72.0
Acero de refuerzo (kg)	148.0	592.0

7.6 Accesorios para medición y control:

a) Medidores de gasto.

Una unidad de tipo Parshall con indicador, registrador e integrador de gasto, con señal eléctrica y recepción en el edificio de control; esta unidad se encuentra instalada en la línea de bombeo de las -- aguas crudas (aguas negras sin tratar).

Dos unidades tipo Venturi con indicador, registrador de gasto con señal eléctrica y recepción en el edificio de control; estas unidades sirven para medir el gasto de aire alimentado a los tanques de -- aereación; cada unidad va instalada en la alimentación de aire para dos tanques de aereación.

Cuatro unidades de tipo tobera, con indicador, registrador e integrador de gasto, con señal eléctrica y recepción en el edificio de control cuya capacidad sea de 0 - 100 l/seg, estas unidades se encuentran en la línea de recirculación de lodos provenientes del tanque secundario a fin de controlar el gasto recirculado.

b) Válvulas de compuerta.

Válvulas operadas manualmente, instaladas en la salida de los tanques de sedimentación primaria, para aislar cualquier

unidad si se requiere, en las líneas de descarga de los equipos de bombeo, a la salida de los tanques secundarios, así como de los aereadores.

c). Válvulas de Mariposa:

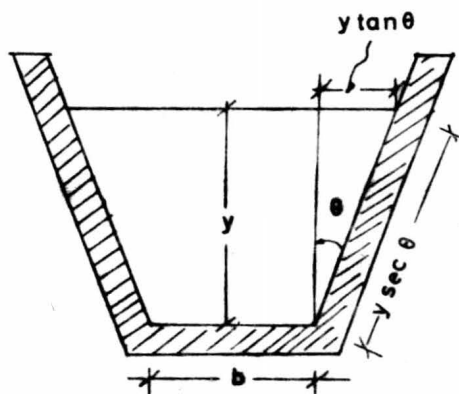
Válvulas operadas manualmente con el fin de controlar el caudal de lodos recirculados.

d). Subestación eléctrica:

Transformador de distribución trifásico, tipo intemperie.

7.7 Canales.

Se consideraron canales trapezoidales de concreto reforzado, conduciendo agua a una velocidad de 1 m/seg para evitar la erosión y con un valor de sección hidráulica óptimo, con una pendiente de 60° en los lados (ver fig. adjunta).



Por lo que:

$$A = \text{Area} = by - y^2 \tan \theta \quad (1)$$

y la sección hidráulica es óptima cuando:

$$R = \frac{y}{2} = \frac{\text{Area}}{\text{Perímetro mojado}} = \frac{A}{P}$$

$$\text{Entonces} \quad \frac{y}{2} = \frac{by - y^2 \tan \theta}{b - 2y \sec \theta} \quad (2)$$

resolviendo las ecuaciones (1) y (2) se encuentran las dimensiones del canal.

Para obtener la pendiente S de los canales, se usaron las fórmulas de Chesy (3) y Manning (4).

$$V = C \text{ RS} \quad (3)$$

$$C = \frac{1}{n} R$$

v = velocidad

R = radio hidráulico

S = pendiente del canal

C = Coeficiente de Manning

n = factor de rugosidad (para concreto 0.013)

Substituyendo (4) en (3) y reareglando queda:

$$S = V^2 n^2 R^{-3} \quad (5)$$

a) Dimensiones y pendiente del canal que conduce el efluente del tanque primario al aereador.

$$Q = 0.250 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$V = 1 \text{ m/seg}$$

$$A = 0.275 \text{ m}^2$$

$$\theta = 30^\circ$$

Substituyendo los valores en las ecuaciones (1) y (2) y resolviendo se tiene:

$$y = 34.4 \text{ cm.}$$

$$b = 53.2 \text{ cm.}$$

$$R = 17.2 \text{ cm.}$$

y la pendiente substituyendo los valores en la ecuación (5).

$$S = 0.0332$$

con una longitud de 5 m. y de acuerdo a las especificaciones, un espesor de 15 cm reforzado con alambrcn del nmero 2 espaciado 15 cm. y formando una malla, los volmenes de obra se dan en la tabla 6.5.

b) Dimensiones y pendiente del canal que conduce el efluente del aereador al tanque secundario.

$$Q = 0.275 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$V = 1 \text{ m/seg.}$$

$$A = 0.275 \text{ m}^2$$

$$\theta = 30^\circ$$

Substituyendo los valores en las ecuaciones (1) y (2) y resolviendo se tiene:

$$y = 41.4 \text{ cm.}$$

$$b = 63.7 \text{ cm.}$$

$$R = 20.7 \text{ cm.}$$

y la pendiente substituyendo los valores en la ecuación (5)

$$s = 0.00143$$

En la tabla 7.5 se muestran los volúmenes de obra de los canales, tomando en consideración una longitud de 5 m; un espesor de pared en los canales de 15 cm y un armado con malla de alambrcn del número 2 -- (3/16"), con espacios de 15 cm; con un claro de 30 cm en la altura del canal.

TABLA 7.5

VOLUMENES DE OBRA PARA LOS CANALES TRAPEZOIDALES.

Localización del Canal.		Unidad	4 Unidades
entre tanque primario y tanque aereador	excavación m ³	2.96	11.84
	cimbra m ²	8.75	35.00
	concreto m ³	1.71	6.84
	acero de refuerzo Kg.	36.5	146.0
entre tanque aereador y tanque secundario	excavación m ³	3.28	13.12
	cimbra m ²	9.5	38.0
	concreto m ³	1.91	7.64
	acero de refuerzo Kg	42.1	168.4

C A P I T U L O

VIII

ESTUDIO ECONOMICO

El objeto de este estudio económico es conocer el costo de cada uno de los elementos que constituye la planta propuesta, para obtener de esta forma el costo de tratamiento por metro cúbico de agua negra - - tratada.

8.1 INVERSION INICIAL:

Esta inversión fue calculada con los conceptos siguientes:

C O N C E P T O	C O S T O
Rejillas.	12,500.00
Bombas para afluente a la planta.	889,000.00
Medidor de gasto tipo Parshall.	64,800.00
Desarenadores.	56,000.00
Sedimentadores primarios.	1,812,262.00
Equipo de rastras.	1,122,000.00
Desnatadores.	42,000.00
Cárcamos de mezclado del sedimentador primario.	20,746.00
Tanques aereadores.	5,308,872.00
Equipo difusor de aire.	1,900,000.00
Sopladores.	2,380,000.00
Filtros de aire.	120,000.00

Medidores de gasto de aire.	32,000.00
Medidores de lodos activados.	120,000.00
Cárcamo de mezclado del aereador.	41,491.00
Sedimentador secundario.	2.111,162.00
Equipo de rastras.	1.122,000.00
Bombas de lodos.	130,000.00
Cárcamo de mezclado, del sedimentador secundario.	16,666.00
Tuberías, válvulas y canales (incluyendo la tubería de alimentación.	7.327,800.00
Subestación eléctrica y edificio de control.	315,000.00
Imprevistos.	1.995,543.00
T O T A L :	26.939,842.00

ANALISIS ECONOMICO DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE LA PLAN-
TA.

Rejillas.

El costo (2) total de cuatro rejillas de acero, de 60 cms. de diámetro de limpieza manual es de 12,500.00

Bombas para afluyente.

El costo (2) total de cuatro bombas centrífugas con capacidad cada una de 250 l/seg. incluyendo motor y arrancador, que cubren un 25% más de la capacidad de la planta, es de: 889,000.00

Medidores de gasto tipo PARSHALL.

El costo (2) total de un medidor tipo PARSHALL para medición incluyendo señal eléctrica a tableros, para medir gastos de aguas crudas es: 64,800.00

Desarenadores.

El costo (2) total de cuatro desarenadores de concreto de tipo canal es: 56,000.00

Sedimentadores primarios.

En la Tabla 8.1 se muestra el costo unitario (1) de cada concepto y el costo total de los cuatro tanques de sedimentación primaria.

TABLA 8.1

COSTO DE LOS CUATRO SEDIMENTADORES PRIMARIOS

CONCEPTO	Costo Unitario	Cantidad	Costo de las 4 unidades
Excavación.	51.00/m ³	9714	495,414.00
Plantilla.	490.00/m ³	100	49,000.00
Concreto.	470.00/m ³	924	434,280.00
Cimbra.	88.30/m ²	3888	182,736.00
Refuerzo.	9,100.00/ton.	64.92	590,772.00
Impermeabilización.	65.00/m ³	924	60,060.00
T O T A L :			1.812,262.00

Equipo de rastras.

El costo (2) de cuatro equipos de rastras de tipo longitudinal para cada uno de los tanques de sedimentación primaria, incluyendo el motor y las cadenas, es de: 1.122,000.00

Desnatadores.

El costo (2) total de ocho desnatadores usados en los tanques primarios, es de: 42,000.00

Cárcamo de mezclado del sedimentador primario.

En la Tabla 8.2 se muestra el costo unitario (1) de cada concepto y el costo total de los cuatro cárcamos de mezclado de los sedimentadores primarios.

TABLA 8.2

COSTO DE LOS CARCAMOS DE MEZCLADO DE LOS SEDIMENTADORES PRIMARIOS

CONCEPTO	Costo Unitario	Cantidad	Costo de las 4 unidades
Excavación.	51.00/m ³	80.0	4,080.00
Plantilla.	490.00/m ³	2.0	980.00
Concreto.	470.00 m ³	7.4	4,478.00
Cimbra.	88.30/m ²	72.0	6,358.00
Refuerzo.	9,100.00/ton.	0.59	5,369.00
Impermeabilización.	65.00/m ³	7.4	481.00
T O T A L :			<u>20,746.00</u> -----

Tanques aereadores.

En la Tabla 8.3 se muestra el costo unitario (1) de cada concepto y el costo total de los cuatro tanques aereadores.

TABLA 8.3

COSTO DE LOS CUATRO TANQUES AEREADORES

CONCEPTO	Costo Unitario	Cantidad	Costo de las 4 unidades
Excavación.	51.00/m ³	26324	1.342,524.00
Plantilla.	490.00/m ³	305.2	149,548.00
Concreto.	470.00/m ³	2404	1.129,880.00
Cimbra.	88.30/m ²	9800	865,340.00
Refuerzo.	9,100.00/ton.	183.68	1.665,300.00
Impermeabilización.	65.00/m ³	2404	156,280.00
T O T A L :			5.308,872.00

Equipo difusor de aire.

El costo (2) total de los difusores de burbuja fina, válvulas y analajes de los cuatro tanques de aereación, es de: 1.900,000.00

Sopladores.

El costo (2) de cuatro sopladores de tipo centrífugo de un paso, con una capacidad de 250 m³/min. c/u y un motor de 300 HP, con elementos de lubricación, seguridad y enfriamiento, es de: 2.380,000.00

Filtro de aire.

El costo (2) de cuatro filtros de aire, de tipo automático de malla con capacidad de $250 \text{ m}^3/\text{min. c/u}$, es de: 120,000.00

Medidores de gasto de aire.

El costo (2) de cuatro medidores tipo Venturi con señal eléctrica en el edificio de control, es de: 32,000.00

Medidores de lodos activados.

El costo (2) de cuatro unidades de medición de lodos activados tipo boquilla con capacidad de 0-100 L/seg., con un diámetro de 24", es de: 120,000.00

Cárcamo de mezclado.

En la Tabla 8.4 se muestra el costo unitario (1) de cada concepto y el costo total de los cuatro cárcamos de mezclado de los aereadores.

TABLA 8.4

COSTOS DE LOS CARCAMOS DE MEZCLADO DE LOS AEREADORES

CONCEPTO	Costo Unitario	Cantidad	Costo de las 8 unidades
Excavación.	51.00/m ³	160.0	8,160.00
Plantilla.	490.00/m ³	4.0	1,960.00
Concreto.	470.00/m ³	14.8	6,956.00
Cimbra.	88.30/m ²	144.0	12,715.00
Refuerzo.	9,100.00/ton.	1.18	10,738.00
Impermeabilización.	65.00/m ³	14.8	962.00
T O T A L :			41,491.00

Sedimentador secundario.

En la Tabla 8.5 se muestra el costo unitario (1) de cada concepto y el costo total de los cuatro tanques de sedimentación secundaria.

TABLA 8.5

COSTO DE LOS CUATRO TANQUES SECUNDARIOS

CONCEPTO	Costo Unitario	Cantidad	Costo de las 4 unidades
Excavación.	51.00/m ³	10,656.8	543,496.00
Plantilla.	490.00/m ³	110	53,900.00
Concreto.	470.00/m ³	976	458,720.00
Cimbra.	88.30/m ²	4288	378,630.00
Refuerzo.	9,100.00/ton.	67.36	612,976.00
Impermeabilización.	65.00/m ³	976	63,440.00
T O T A L :			2.111,162.00

Equipo de rastras.

El costo (2) de cuatro equipos de rastras de tipo longitudinal para cada uno de los tanques de sedimentación secundaria incluyendo el motor y las cadenas, es de: 1.122,000.00

Bombas de recirculación de lodos.

El costo (2) total de cuatro bombas centrífugas con capacidad - cada una de 25 l/seg. incluyendo motor y arrancador, es de: 130,000.00

Cárcamos de mezclado del sedimentador secundario.

En la Tabla 8.6 se muestra el costo unitario (1) de cada concepto y el costo total de los cuatro cárcamos de mezclado de los sedimentadores secundarios.

TABLA 8.6

COSTO DE LOS CARCAMOS DE MEZCLADO DE LOS SEDIMENTADORES - SECUNDARIOS

CONCEPTO	Costo Unitario	Cantidad	Costo de las 4 unidades
Excavación.	51.00/m ³	80.0	4,080.00
Plantilla.	490.00/m ³	2.0	980.00
Concreto.	470.00/m ³	7.4	3,478.00
Cimbra.	88.30/m ²	72.0	6,358.00
Refuerzo.	9,100.00/ton.	0.59	5,369.00
Impermeabilización.	65.00/m ³	7.4	481.00
T O T A L :			<u>16,666.00</u> -----

Costo de tuberías, válvulas y canales.

El costo total estimado y por cotización del fabricante, de las tuberías, válvulas y canales, con instalación es de: 7.327,800.00

Subestación eléctrica y edificios de control.

El costo (1) del edificio de control es de aproximadamente - - 175,000.00 y el costo (2) de la subestación eléctrica para generar 1,200 - - KVA a la planta es de 140,000.00

Imprevistos.

Se ha tomado como un 8% de la suma de todos los costos anteriores, que es: 1.995,543.00

8.2 COSTOS ESTIMADOS DE TRATAMIENTO.

De acuerdo con los costos de inversión inicial, se obtienen los costos anuales de tratamiento, en la siguiente forma:

Operación, conservación y mantenimiento. (Tabla 8.7)

Se divide en dos partes:

- a): Costo de energía eléctrica. Se calcula de acuerdo con la potencia consumida en KWH, fijándose un costo (3) de - - - --
\$ 0.25 KWH.

$$1,450 \text{ HP} \times 0.746 \times 24 \times 365 \times 0.25 = 2,368,923.00$$

- b): Conservación y mantenimiento, se dividieron en dos grupos cuya suma aparece en la Tabla 8.7

Grupo 1.

En este grupo se incluyen estructuras y obra civil y se considera un costo de mantenimiento de 0.5% de su costo inicial.

$$0.005 \times 9367199 = 46,835.00$$

Grupo 2.

En este grupo están los equipos de bombeo, equipos de medición y control, tuberías y válvulas, aplicando un factor de 2.0% anual de su costo inicial.

$$0.020 \times 17,572,647.00 = 351,452.00$$

Personal de Operación.

Se consideró un ingeniero, con un sueldo de \$ 7,500.00 y para cada turno un encargado, un ayudante y dos obreros, cuyos sueldos son respectivamente, \$ 4,500.00, \$ 2,750.00 y \$ 2,200.00 mensuales.

El costo anual del personal de operación aparece en la Tabla 7.7

Amortización del costo de la planta. (Tabla 8.7)

Considerando una vida útil de doce años para los equipos electromecánicos y un interés al 8% anual, por la fórmula del valor presente -- (B.7) se aplica un factor de 0.13270 del costo inicial, así:

$$0.13270 \times 17,572,643.00 = 2,331,889.00$$

Para el caso de la obra civil la vida útil es de treinta años y el factor por la fórmula del valor presente con el mismo interés es de -- 0.08883, por lo que se tienen:

$$0.08883 \times 9,367,199.00 = 832,088.00$$

TABLA 8.7

8.3 RESUMEN DE LOS COSTOS ANUALES DE OPERACION

Conservación y mantenimiento.	398,287.00
Energía eléctrica.	2,268,923.00
Personal de operación.	543,600.00
Amortización obra civil.	832,088.00
Amortización equipo electromecánico.	<u>2,331,889.00</u>
T O T A L :	<u>6,374,787.00</u>

De acuerdo con la Tabla 8.7 el costo anual de tratamiento es de 6.374,787.00 si la cantidad de agua tratada por año es:

$$64,800 \text{ m}^3/\text{d} \times 365 \text{ d} = 23,652,000 \text{ m}^3$$

El costo del metro cubico de agua será:

$$\frac{\$ 6,374,787.00}{23,652,000 \text{ m}^3} = \$ 0.269/\text{m}^3$$

- Ref. 1 Precios unitarios de la Jefatura de Agua Potable y Alcantarilla
do de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Ref. 2 Cotización del fabricante.
- Ref. 3 Costo estimado, no oficial de la Cía., de Luz y Fuerza.
- Ref. 4 Departamento de Programación y Costos del Instituto Mexicano
del Petróleo.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los análisis realizados de las aguas en el Distrito de Riego 03 del Río Tula, en los diferentes puntos de muestreo; la fuente más adecuada para suministrar agua de la Refinería de Tula, es el Canal Principal Dendho, (Fig. 1.1) ya que además de encontrarse muy cerca de la refinería, en la temporada de baja precipitación pluvial, es decir en -- época de mayor contaminación, sus aguas se mezclan con aguas superficiales provenientes de la Presa Requena, disminuyendo por lo tanto la concentración de contaminantes.

2. El Canal Principal Dendho, del cual se va a suministrar el agua -- para las torres de enfriamiento de la Refinería de Tula, en su caudal lleva un promedio de sólidos totales de 1,111 ppm y 879 ppm de sólidos disueltos, por lo tanto tienen 232 ppm de sólidos suspendidos.

3. De acuerdo con las especificaciones de agua a las torres de enfriamiento de la Refinería de Tula, el proceso más recomendable para el tratamiento de las aguas negras del Canal Dendho, es el de los lodos activados -- basado en la oxidación biológica aerobia de la materia orgánica.

4. El diseño de la planta propuesta, se hizo para una capacidad de -- 86,400 m³/día, con una carga máxima de DBO de 300 ppm y un promedio --

de sólidos suspendidos de 280 ppm.

5. De acuerdo con el análisis económico en la selección de tubería, se propone tubería de asbesto-cemento, para el abastecimiento del agua desde el Canal Dendho hasta la planta de tratamiento, ya que resulta más económica, que la tubería de acero.

6. Los costos estimados de la planta en base al diseño, son los siguientes:

Inversión total = \$ 26.939,842.00

Costo de tratamiento anual = \$ 6.374,787.00

Costo del metro cubico de agua = \$ 0.269/m³

C A P I T U L O

X

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Fair and Geyer. The Oiland Gas Journal. June 29, New York, (1970).
- 2.- Hilleboe H. Manual of Instrucción for Sewage Treatment Plant Operators. State Departament of Healt. New York. (1970).
- 3.- "Recommend Standards for Sewage Works". Normas de los Diez Estados. U.S.A. (1969).
- 4.- Bavnes G. Tratamiento de Aguas Negras y Desechos Industriales. UTHEA. Tecnología. México. (1967).
- 5.- Imhoff. y Fair. Swage Treatment. Wiley. New York. (1966).
- 6.- Giles. Fluid Mechanics and Hydraulices. Mc. Graw Hill. New -- York. (1967).
- 7.- Schuwyer. Proces Engineering Economics Mc. Graw Hill. New York. (1967).
- 8.- Crane Flow of Fluids. Crane Co. Chicago Illinois. (1969).
- 9.- Perry. Chemical Engineers Hand book, Fouved. Mc. Graw Hill. New York. (1967).
- 10.- Fitzgerald y Higginbotham. Fundamentos de Ingeniería y Electricidad. Mc. Graw Hill. New York. (1967).
- 11.- Standar Methods for the Water Wastes Analysis APHA, AWWA y WPCF.
- 12.- Abbett W. American Civil Engineering.- Vol. II, Wiley, New York (1968).
- 13.- Willard Merritt y Dean. Instrumental Methods of Analysis. D. -- Van Nostrand Co. New York (1968).
- 14.- Orozco. Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Porrúa. Méxi-co, 1970.