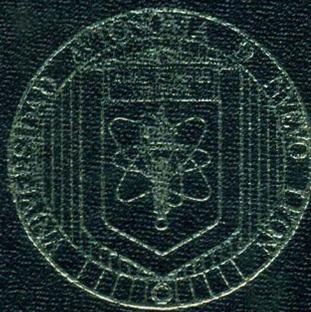


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



AUDITORIA TECNICA EN
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE AGUA INDUSTRIAL DE
MONTERREY, S. de U. (AIMSU)
SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON

T E S I S

QUE EN OPCION AL DRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTA:

ING. JOAQUIN CANTU GARZA

MONTERREY, NUEVO LEON

MAYO DE 1994

TM
Z6834
.C5
FIC
1994
C3



1020112232

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

TITULO

*Auditoría Técnica en
La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de
Agua Industrial de Monterrey S. de U. (AIMSU)
San Nicolás de los Garza, Nuevo León.*

TESIS PRESENTADA POR:

Ing. Joaquín Cantú Garza

Para obtener el título de *Maestro en Ciencias*
con Especialidad en Ingeniería Ambiental

JURADO

Dr. Alejandro Ramírez Alcázar
Presidente

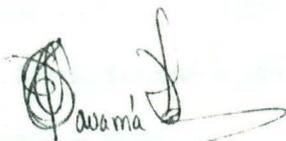
Dr. Febronio E. Chavarría Fernández
Secretario

Ing. Horacio González Santos
Vocal

Cd. Universitaria, Monterrey. N L ; Mayo de 1994

AUDITORIA TECNICA EN
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U. (AIMSU)
SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON

Aprobación de la Tesis:



Dr. Febronio E. Chavarría Fernández

Asesor de la Tesis

Ing. Oziel Chapa Martínez

Jefe de la División de Estudios de Postgrado



FONDO TESIS

Dr. Erardo Elizondo Villarreal

Director General de Estudios de Postgrado

Dedico esta investigación a

mi madre . . .

Sra. María Teresa Garza González

mi padre . . .

Sr. Joaquín L. Cantú Castillo

mis hermanas . . .

María Teresa

Nancy Rubí

Diana Lissette

mi cuñado . . .

Ing. Martín Cisneros Padilla

mis sobrinos . . .

Lirien Mayte

Marco Antonio

mi novia . . .

Biol. María de Montserrat Zamora Mendoza

Por su Apoyo y Estímulo

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al . . .

Agradezco al Sr. Montano y S. de U. a través del Ing. Pablo Gómez López por su apoyo y motivadas palabras por la realización de la tesis, así como también al Sr. Dr. Febronio E. Chavarría Fernández, Ing. Roberto Mucienmayor Toms, Ing. Roberto Villarreal Ochoa, Sr. Antonio Navarro Reyes, Q.C.B. Carlos Camacho Rodríguez, Ing. Arminida Rodríguez y Sr. Juan Carlos Rodríguez por su valiosa colaboración para la realización del presente trabajo.

Dr. Febronio E. Chavarría Fernández

por sus consejos y motivarme al deseo de superación, así como también por su valiosa asesoría del presente trabajo.

Al Ing. Oscar Chavarría por su apoyo y motivadas palabras por la realización de la tesis, así como también al Sr. Dr. Febronio E. Chavarría Fernández, Ing. Roberto Mucienmayor Toms, Ing. Roberto Villarreal Ochoa, Sr. Antonio Navarro Reyes, Q.C.B. Carlos Camacho Rodríguez, Ing. Arminida Rodríguez y Sr. Juan Carlos Rodríguez por su valiosa colaboración para la realización del presente trabajo.

Agradezco al Sr. Montano y S. de U. a través del Ing. Pablo Gómez López por su apoyo y motivadas palabras por la realización de la tesis, así como también al Sr. Dr. Febronio E. Chavarría Fernández, Ing. Roberto Mucienmayor Toms, Ing. Roberto Villarreal Ochoa, Sr. Antonio Navarro Reyes, Q.C.B. Carlos Camacho Rodríguez, Ing. Arminida Rodríguez y Sr. Juan Carlos Rodríguez por su valiosa colaboración para la realización del presente trabajo.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Al Sr. Dr. Febronio E. Chavarría Fernández por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Agradezco al Sr. Montano y S. de U. a través del Ing. Pablo Gómez López por su apoyo y motivadas palabras por la realización de la tesis, así como también al Sr. Dr. Febronio E. Chavarría Fernández, Ing. Roberto Mucienmayor Toms, Ing. Roberto Villarreal Ochoa, Sr. Antonio Navarro Reyes, Q.C.B. Carlos Camacho Rodríguez, Ing. Arminida Rodríguez y Sr. Juan Carlos Rodríguez por su valiosa colaboración para la realización del presente trabajo.

A Agua Industrial de Monterrey S. de U. a través del Ing. Héctor Julio Gómez Díaz por su apoyo y facilidades brindadas para la obtención de la información requerida en la auditoría realizada en la Planta, así como a las siguientes personas, Ing. Roberto Montemayor Tamez, Sr. Roberto Villarreal Díaz, Ing. Amanda Navarro Reyes, Q.C.B. Leticia Lozano Rodríguez, Ing. Armando García Elizondo y Sr. Mauricio Martínez Padrón por su valiosa colaboración para la realización del proyecto.

Al Ing. Oziel Chapa Martínez, al Departamento de Ingeniería Ambiental a través del Ing. Benjamín Limón Rodríguez, por permitirme el uso de su equipo y su invaluable ayuda en el desarrollo de este estudio.

A un gran amigo, el Ing. Roberto Bañuelos Ruedas por su gran lucidez crítica, a su familia por el apoyo que me ha brindado en todo momento.

Al Biol. Porfirio Cortéz Díaz, Biol. Martha E. Hernández Saldaña, I.Q. Elizabeth Araujo Moreno, Ing. Elías Vázquez Godina, Arq. Griselda Guadalupe Guerra García que en una u otra forma me tendieron la mano para la realización de esta tesis; y porque siempre han reflejado hacia mí el buen sentido de compañerismo y amistad.

A mis maestros . . .

Dr. Febronio E. Chavarría Fernández

Dr. Alejandro Ramírez Alcázar

Ing. Horacio González Santos

Ing. Oziel Chapa Martínez

Ing. Benito Muñoz Hernández

Q.B.P. Nelly Santos García

Ing. Jimmy Loaiza Navía

Lic. Ricardo Pedraza García

Ing. Rogelio López Sono

Ing. Ricardo Salgado Gutiérrez

L.Q.I. Martha L. Herrejón Figueroa

Ing. Javier Baruch Parra Bautista

que sin interés me brindaron sus experiencias y conocimientos, les estaré eternamente agradecido.

A todos . . .

GRACIAS

INDICE

INTRODUCCION	I - 1
ALCANCES Y OBJETIVOS	II - 1
ANTECEDENTES	III - 1
Agua Industrial de Monterrey, Sociedad de Usuarios	III - 3
CARACTERISTICAS DE LA PLANTA	IV - 1
Características del Equipo	IV - 4
Bases de Diseño	IV - 8
OBRA DE TOMA	V - 1
PRETRATAMIENTO PARA SOBREFLUJOS	
CANAL DE ENTRADA	VI - 1
REJILLAS	VII - 1
Condiciones de Diseño	VII - 1
Cantidad de Basura	VII - 2
Eliminación de Basuras	VII - 2
Pérdida de Carga	VII - 3
Cálculos de Rejillas Manuales	VII - 5
Selección de Rejillas	VII - 5
Rejillas Gruesas	VII - 6
Rejillas Finas	VII - 8
Síntesis de Rejillas Manuales	VII - 10

Desarenador y Desmenuzador	XII - 6
MEDIDOR PARSHALL	VIII - 1
Descripción de la Estructura	VIII - 3
Funcionamiento del Aforador Parshall	VIII - 8
Fórmulas para Calcular el Gasto cuando el Medidor trabaja con Sumersión	VIII -12
Selección del Tamaño más adecuado e Instalación del Medidor	VIII -13
Cálculos del Canal Parshall	VIII -15
Escalón de Entrada	VIII -18
Escalón de Salida	VIII -20
DESARENADOR	IX - 1
Desarenadores Planos	IX - 3
Cantidades de Arena	IX - 3
Operación	IX - 4
Cálculos del Desarenador	IX - 5
DESMENUZADOR	X - 1
Descripción	X - 1
IGUALACION DE FLUJO	XI - 1
Introducción y Conceptos Generales	XI - 1
Beneficios de la Igualación de Flujo	XI - 3
Impacto en la Sedimentación Primaria	XI - 3
Impacto en el Tratamiento Biológico	XI - 3
Beneficios Misceláneos	XI - 4
Determinación de los Requisitos de Igualación	XI - 5
Determinación del Volumen Requerido	XI - 6
PRETRATAMIENTO PRINCIPAL	
PRETRATAMIENTO PRINCIPAL	XII - 1
Rejilla Mecánica Automática	XII - 2
Descripción General	XII - 2
Instalación Estructural	XII - 2
Descripción Mecánica	XII - 2
Descripción Eléctrica	XII - 4
Acabados	XII - 5

Desarenador y Desgrasador	XII - 6
Descripción General	XII - 6
Instalación Estructural	XII - 6
Descripción Mecánica	XII - 7
Sopladores	XII - 8
Características Eléctrica	XII - 9
Acabados	XII -10
REACTOR BIOLÓGICO AERÓBICO	XIII - 1
Aereación por Difusión	XIII - 2
Cálculo de Oxígeno Requerido	XIII - 3
Determinación de Datos	XIII - 6
Cálculo de la Amortización del Equipo	XIII -20
TRATAMIENTO DE LODOS	XIV - 1
Espesamiento de Lodos	XIV - 1
Digestor Aeróbico	XIV - 3
Deshidratación de Lodos	XIV - 4
INVERSIÓN ESTIMADA	XV - 1
Inversión Estimada	XV - 1
ANEXO I	
Análisis Físico-Químicos realizados en la Planta de Tratamiento de Agua Industrial de Monterrey S. de U. para el Año de 1993.	
ANEXO II	
Programa para el manejo de datos y cálculo de parámetros en ciertos análisis químicos.	
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE TABLAS

TABLA III-1	Relación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de Reuso Industrial que existen en México	III - 2
TABLA III-2	Socios que participan en la construcción de la primera fase de la Planta de Tratamiento y Obras para la distribución	III - 4
TABLA III-3	Socios interesados en que se les suministren aguas negras no tratadas, por contar estos con Plantas Propias de Tratamiento de Aguas Negras	III - 5
TABLA IV-1	Relación de Maquinaria Instalada en AIMSU	IV - 4
TABLA VII-1	Valores de β para diferentes Tipos de Barras	VII - 4
TABLA VIII-1	Dimensiones en pies y Capacidades en pies ³ /seg, de Medidores Parshall	VIII - 7
TABLA VIII-2	Valores de "S" para Diferentes Tamaños de Medidores	VIII - 9
TABLA VIII-3	Valores de "M" y "N" para la Ecuación VIII-1, en Unidades Métricas	VIII -11
TABLA XI-1	Ejemplo de cálculo de un Tanque Regulador para el 4 de Enero de 1993	XI - 8
TABLA XI-2	Determinaciones del Volumen requerido del Tanque Regulador para el Invierno de 1993	XI - 9
TABLA XI-3	Determinaciones del Volumen requerido del Tanque Regulador para el Verano de 1993	XI -10
TABLA XI-4	Determinaciones del Volumen requerido del Tanque Regulador para el Invierno de 1993	XI -11

TABLA XIII-1 Valores de Saturación de Oxígeno Disuelto XIII - 7

TABLA XIII-2 Presión Atmosférica Vs. Elevación XIII - 8

TABLA XIII-3 Factor de Corrección de Temperatura XIII -10

TABLA XIII-4 Consumo de Energía Eléctrica en AIMSU durante 1993 XIII -20

INDICE DE FIGURAS

FIGURA IV-1	Diagrama de Flujo de la Distribución de las Unidades de Tratamiento que existen actualmente en Agua Industrial de Monterrey S. de U.	IV - 6
FIGURA IV-2	Diagrama de Flujo de la Distribución de las Unidades de Tratamiento propuestas para Agua Industrial de Monterrey S. de U.	IV - 7
FIGURA V-1	Obra de Toma	V - 2
FIGURA VII-1	Rejilla Gruesa con Limpieza Manual	VII - 7
FIGURA VII-2	Rejilla Fina con Limpieza Manual	VII - 9
FIGURA VIII-1	Dimensiones en Medidor Parshall	VIII - 5
FIGURA VIII-2	Medidas del Medidor Parshall	VIII -16
FIGURA VIII-3	Escalones de Entrada y Salida del Canal Parshall	VIII -21
FIGURA IX-1	Conjunto de Desarenadores	IX - 7
FIGURA XIII-1	Acomodamiento de Difusores	XIII -16
FIGURA XIII-2	Difusores	XIII -17
FIGURA XIII-3	Difusores	XIII -18
FIGURA XIII-4	Ensamble de Difusores	XIII -19

CAPITULO I

INTRODUCCION

Al estudiar los diferentes problemas que se han venido presentando en las diversas zonas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de QMSU y en especial a la zona de las Máquinas y el Proyecto del Muelle Periférico de Managua que forman parte del sistema del metropolitano, se justificó este proyecto con el fin de realizar un estudio detallado de las diferentes máquinas que integran dicha planta para proponer las modificaciones que se hagan necesarias.

El objetivo principal de este estudio se centra en la planta. En base a un estudio detallado de cada una de las máquinas que la integran, se detectarán las deficiencias en los equipos y en el propio sistema de tratamiento. Debido a las modificaciones antes mencionadas el sistema de tratamiento deberá ser reubicado, por lo cual se estudiará la forma más eficiente en el ordenamiento de las unidades así como la utilización de los equipos más costables y modernos en el mercado.

El ahorro de energía es uno de los aspectos fundamentales en este proyecto, es por eso que se hará énfasis en este aspecto, en base a ésto se logrará disminuir el consumo y disminuir de las cosas en el tratamiento.

Los aceites, grasas y lodos son residuos extraños por los diversos procesos y las máquinas utilizadas de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y, al mismo tiempo, constituyen el sub-producto más importante en los procesos de tratamiento.

Definitivamente, el volumen de agua de lluvia y la contaminación del
lodo y las diversas sólidos suspendidos. Su tratamiento y
evacuación es uno de los problemas más difíciles y costosos
de resolver por parte del ingeniero ambiental.

Es importante **INTRODUCCIÓN** temas y buscar sus
fuerzas motrices de desarrollo de las plantas que son utilizadas y
evaluadas para el presente. En este tanto, el objetivo primordial
es encontrar a disposición de todos, se encontrará

Atendiendo los diferentes problemas que se han venido presentando en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de (AIMSU) y en atención a la necesidad de reubicar algunos de los elementos del tren de tratamiento solicitado en base a la ampliación de la avenida San Nicolás y el Proyecto del Anillo Periférico de Monterrey que forman parte del sistema vial metropolitano, se presenta este proyecto con el fin de realizar una revisión detallada de los diferentes elementos que integran dicha planta para proponer las modificaciones que se hagan necesarias.

El objetivo principal es aumentar la eficiencia en la planta. En base al estudio de los diferentes elementos que la integran, se detectarán las deficiencias en los equipos y en el propio sistema de tratamiento. Debido a las modificaciones antes mencionadas el sistema de pretratamiento deberá ser reubicado, por lo cual se estudiará la forma más eficiente en el ordenamiento de las unidades así como la utilización de los equipos más rentables y modernos en el mercado.

El ahorro de energía es uno de los objetivos fundamentales en este proyecto, es por eso que se hará énfasis en este aspecto, en base a éstos se logrará eficientar el tratamiento y disminución de los costos en el tratamiento.

Las arenas, basuras y lodos son sólidos extraídos por los diversos procesos y operaciones unitarias de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y, al mismo tiempo, constituyen el subproducto más importante en los procesos de tratamiento.

Ciertamente, el volumen mayor de residuos lo constituyen el lodo y los diversos sólidos residuales. Su tratamiento y evacuación es uno de los problemas más difíciles y costosos de resolver por parte del Ingeniero Ambiental.

Es importante hacer mención de que las arenas y basuras son frecuentemente dispuestas de forma tal que son trituradas y evacuadas junto con el lodo, por tanto, el objetivo primordial en cuanto a disposición final de lodos, se centrará principalmente en su tratamiento y eliminación.

Finalmente se desarrollará un programa para el manejo de datos y cálculo de parámetros de ciertos análisis químicos, con el fin de disminuir la probabilidad de error.

ALCANCES Y OBJETIVOS

ALCANCES Y OBJETIVOS

Debido a las pérdidas que se van generando en base a las características de los caudales de agua es requerida la revisión y la distribución de la eficiencia de las unidades, así como investigar a realizar el siguiente programa de trabajo que se han enlistado los siguientes objetivos:

CAPITULO II

1. Aumentar la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales en la planta para lo cual es necesario revisar la capacidad de cada una de las unidades del sistema.

ALCANCES Y OBJETIVOS

2. Revisar el sistema de tratamiento si así se justifica o en su caso cambiar, incluir o modificar las unidades que lo requieren.
3. Abatir los costos de operación haciendo énfasis en el ahorro de energía eléctrica.
4. Definir criterios de diseño y operación de las unidades propuestas para lograr los objetivos antes planteados.
5. Diseñar un lista de especificaciones requeridas para reducir la compra y consumo de los materiales orgánicos para el control del procesamiento disminuyendo los costos adicionales para su disposición final.

ALCANCES Y OBJETIVOS.

Debido a los problemas que se han generado en base a las características con las cuales el agua es requerida y aunado a la disminución de la eficiencia por la antigüedad de las unidades, nos vemos obligados a realizar el siguiente proyecto, para el cual se han enlistado los siguientes objetivos:

- 1.- Aumentar la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales en la planta para lo cual es necesario revisar la capacidad de cada una de las unidades del sistema.
- 2.- Hacer las propuestas necesarias para modificar el sistema de tratamiento si así se justifica o en su caso cambiar, incluir o modificar las unidades que lo requieran.
- 3.- Abatir los costos de operación, haciendo énfasis en el ahorro de energía eléctrica.
- 4.- Definir criterios de diseño y operación de las unidades propuestas para lograr los objetivos antes planteados.
- 5.- Diseñar un tren de operaciones requeridas para reducir la masa y volumen de los residuos orgánicos provenientes del pretratamiento definiendo los criterios adecuados para su disposición final.

- 6.- Proponer un método de evacuación final de lodos activados. Esta propuesta implica una concentración y estabilización de lodos activados.
- 7.- Hacer un programa para el departamento de sistemas con una base de datos, con el fin de manejar la información correspondiente a los análisis de laboratorio en una forma ordenada y eficiente reduciendo la probabilidad de error.

Para alcanzar estos objetivos se desarrollaron las siguientes actividades:

- 1.- Recopilación y análisis de la información existente: se recopiló y verificó la información existente, de tal forma que permitió establecer el marco físico de la Planta en estudio así como los flujos y características del agua a tratar.
- 2.- Identificación, análisis de alternativas de tratamiento del agua residual y selección de la alternativa más viable: una vez definidas las bases de diseño, características del agua de entrada, del agua tratada se identificaron y analizaron a nivel de anteproyecto las alternativas viables de tratamiento de las aguas residuales, de las cuales se analizó sus ventajas tecnológicas del tratamiento, costos de operación, costos de mantenimiento e inversión requerida entre otras.

Una vez obtenidos los resultados anteriores se definió la alternativa de varias unidades de tratamiento más adecuadas para este tipo de agua residual.

Desde el punto de vista técnico se compararon aspectos como las dificultades técnicas y grado de eficiencia esperado en cada tipo de tratamiento.

Los criterios económicos de comparación de los sistemas propuestos contemplaron:

- ◆ Necesidades de Terreno.
- ◆ Inversión Inicial.
- ◆ Costos de operación y mantenimiento.
- ◆ Costo global por m³ de agua.

Una vez seleccionada la alternativa más viable en las unidades propuestas en el tratamiento de las aguas residuales, se procedió al diseño básico.

Se dimensionaron las unidades que conforman el sistema de pretratamiento seleccionado y se elaboraron los croquis correspondientes. Se definió el tratamiento que deberá emplearse para los lodos generados en el tratamiento, que permita disponer de ellos de una manera adecuada.

En la siguiente Tabla se presenta una lista de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de reuso industrial que existen en México hasta el año de 1990.

TABLA III

LISTA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CON FINES DE REUSO INDUSTRIAL EN MÉXICO
ANTECEDENTES

La contaminación de las aguas, problema que en la actualidad ha sido considerado como uno de los más importantes factores que frenan el desarrollo económico y social de amplios sectores de nuestro país; deja sentir sus efectos con mayor impacto en áreas donde la disponibilidad del vital elemento es escasa.

Siendo este último factor uno de los problemas que afectan a la Ciudad de Monterrey y sus áreas de afluencia, siempre se han realizado esfuerzos en el sentido de economizar agua usándola racionalmente, llegando incluso a ser pioneros en nuestro país en la aplicación del reuso de las aguas residuales para fines agrícolas e industriales.

Aunque el reuso de las Aguas Residuales para fines agrícolas se efectuó en Monterrey de 1906 a 1945 no fué sino hasta 1956, cuando a iniciativa del Ing. Manuel G. Arce y otros funcionarios del ahora Grupo CYDSA, las aguas residuales del Area Metropolitana de Monterrey fueron tratadas y reusadas en la industria por primera vez en México y tal vez en América Latina.

El efluente de los secundarios debidamente clorado se usó por vez primera como agua de repuesto a las torres de enfriamiento, para posteriormente mediante tratamientos de clarificación, suavización parcial e intercambio iónico a base de sal, usarse en los procesos de lavado de fibras sintéticas, papel, etc.

En la actualidad la aplicación de estas aguas es más amplia ya que mediante instalaciones más sofisticadas el agua encuentra uso en generación de vapor y otros procesos.

El ejemplo de CYDSA fué seguido casi de inmediato, tanto por la iniciativa privada como por la industria paraestatal al instalarse en la zona alrededor de 11 Plantas de Tratamiento que en conjunto le ahorrarían casi un 30% en su abasto de agua limpia.

El Flujo presentado en las diferentes Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de reuso Industrial en México operando hasta el año de 1990, se encontraba alrededor de 3,550 lps. de los cuales 2,175 lps. correspondían al Area Metropolitana de Monterrey, lo que representaba un 60 % del total.

En la siguiente Tabla se presenta una relación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de reuso industrial que existían en México hasta el año de 1990.

TABLA III-1

**RELACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CON FINES DE REUSO INDUSTRIAL QUE EXISTEN EN MEXICO**

Institución	Año de Inicio de Operaciones	Localización	Capacidad (lps)
Celulosa y Derivados (CYDSA)	1955	Monterrey, N.L.	140
Cía. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey. (en paro)	1961	Monterrey, N.L.	600
Papelera Maldonado	1963	Monterrey, N.L.	50
Comisión Federal de Electricidad (Planta Mezquital)	1963	Monterrey, N.L.	500
Agua Industrial de Monterrey, S. de U.	1966	Monterrey, N.L.	300
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	1983	Monterrey, N.L.	900
Comisión Federal de Electricidad (Planta Huinalá)	1985	Monterrey, N.L.	160
Agua Industrial del Poniente, S.A. de C.V.	1989	Monterrey, N.L.	125
Comisión Federal de Electricidad		Ecatepec, Edo. de México	450
Aguas de San Juan Ixhuatepec, S. de U.	1978	San Juan I. Edo. de México	150
Fábricas de Papel Loreto y Peña Pobre. (en paro)		Ciudad de México	48
Comisión Federal de Electricidad		Tula Hidalgo	600
Indetel	1983	Cuatitlán Izcalli Edo. de México	2
Zincamex. (en paro)	1963	Saltillo Coah.	50
Altos Hornos de México	1968	Monclova Coah.	170

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY SOCIEDAD DE USUARIOS

El punto de origen de Agua Industrial de Monterrey fué en el municipio de Santiago, N.L. en el año de 1957, cuando industriales del Area Metropolitana de Monterrey; dada la escasez del agua en la región, emprenden la particular tarea de promover entre los representantes de cerca de 40 empresas locales, la formación de una sociedad un tanto rara, denominada de usuarios y soportada legalmente en la ley de aguas de propiedad nacional y su reglamento correspondiente.

El objetivo de esta sociedad fué la de abastecer a sus socios el agua necesaria para la operación y desarrollo de sus empresas industriales.

Contando en ese entonces con la concesión del Gobierno Federal para el aprovechamiento de las aguas de la Presa de "La Boca" fué como dió inicio la construcción de un acueducto con capacidad de 1200 lps para transportar el agua desde la presa hasta las propias empresas socias.

Dada la magnitud de la obra en ese entonces, el tiempo para que se viera realizada, requeriría de varios años; en tanto que por esa misma época la Ciudad de Monterrey atravezaba por una gran sequía, agudisándose el problema de abastecimiento de agua potable para la comunidad.

Es así como el 23 de Marzo de 1963, se firma un convenio entre Gobierno del Estado de Nuevo León, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey y AIMSU, en el cual Agua Industrial de Monterrey, Sociedad de Usuarios conviene en ceder a favor de Servicios los derechos que tenía adquiridos para derivar y utilizar las aguas de la presa de "La Boca" indemnizándose las inversiones que AIMSU había realizado para poder transportar el agua, y estando a la vez de acuerdo en celebrar otro convenio en el cual, Gobierno y Servicios a su vez cedían el mismo caudal (1200 L.P.S.) pero de agua residual cruda para usos industriales; dicho documento se firmaba el 28 de octubre del mismo año de 1963, continuando vigente hasta la fecha. Por esta causa, estuvo a punto de disolverse esta sociedad de usuarios, ya que muchos de sus socios originales, deciden retirarse, dado que por su naturaleza no pueden aprovecharse de agua residual tratada, por requerir agua potable para la producción de comestibles y bebestibles para consumo humano; por lo que AIMSU devolvió las aportaciones a estas empresas, quedando un reducido número de ellas para decidir sobre el nuevo proyecto, y es así como Agua Industrial de Monterrey, nace en el campo del reuso del agua, siendo en sus inicios 8 ó 10 empresas las que apoyaban el proyecto, incrementándose al paso de los años el número de Usuarios hasta 18, los cuales se clasifican de acuerdo a la Tabla III-2 y III-3.

TABLA III-2

GRUPO "A"

SOCIOS QUE PARTICIPAN EN LA CONSTRUCCION DE LA PRIMERA FASE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y OBRAS PARA LA DISTRIBUCION DE LAS AGUAS.

EMPRESA	DERECHOS EN PLANTA (lps)
HYLSA, S.A. DE C.V.	108
PLANTA ELECTRICA GRUPO INDUSTRIAL	95
EMPAQUES DE CARTON TITAN, S.A.	48
VITROCRISA CRIMESA, S.A. DE C.V.	8
PYOSA, S.A. DE C.V.	6
ACERO PORCELANIZADO, S.A. DE C.V.	5
FABRICACION DE MAQUINAS, S.A.	5
FABRICAS MONTERREY, S.A.	5
VIDRIERA MONTERREY, S.A. DE C.V.	5
VIDRIO PLANO, S.A. DE C.V.	5
VITROCRISA CRISTALERIA, S.A. DE C.V.	5
TALLERES INDUSTRIALES, S.A.	3
DOLOREY, S.A. DE C.V.	2
	300

TABLA III-3

GRUPO "B"

SOCIOS INTERESADOS EN QUE SE LES SUMINISTREN AGUAS NEGRAS NO TRATADAS, POR CONTAR ESTOS CON PLANTAS PROPIAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS, O DEBIDO A ENCONTRARSE SUS INDUSTRIAS FUERA DEL PERIMETRO DE LA CIUDAD DE MONTERREY, CONSIDERANDO ECONOMICAMENTE MAS CONVENIENTE ESTABLECER SUS PROPIAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO VITRO

COPROPIEDAD GRUPO "C Y D S A"

INDUSTRIAL DEL ALCALI, S.A. DE C.V.

VITRO CORPORATIVO, S.A. DE C.V.

VITROCRISA KRISTAL, S.A. DE C.V.

El nacimiento de AIMSU en el campo del Tratamiento de Aguas Residuales y de reuso data de hace 25 años; diseñándose y construyéndose la Planta de Tratamiento para procesar 300 lps mediante el proceso convencional de "Lodos Activados", semejante al de Celulosa y Derivados, S. A. y seguido también por las otras Plantas existentes en el área.

La Planta de Tratamiento localizada en una extensión de terreno de aproximadamente 7 hectáreas se encuentra ubicada en Cd. San Nicolás de los Garza, Nuevo León. Esta Planta recibe las aguas residuales de 2 colectores importantes, "La Cloaca" construido a principios de siglo y el colector "El Bosque", ambos con capacidad que fluctúa alrededor de 1 m³/seg.

De todos los colectores que cruzan el Area Metropolitana de Monterrey "La Cloaca" es uno de los que sufren los embates más altos de descarga de Aguas Residuales Industriales. Fué en el año de 1980 cuando las concentraciones de DBO₅, DQO, SST, etc. sobrepasaron los parámetros de diseño, viéndose obligados los Usuarios a prescindir del producto, usando en su lugar agua potable o de pozo.

CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

La planta se cultiva generalmente en el Sistema de Tratamiento Poroso A Profundidad... capacidad de 300 lps. incluyendo el peso de los cables y manuales... luego instalarse en profundidad... con el cable de base... para... número de agua residual... compuesta.

CAPITULO IV

La descripción de las operaciones y procesos anteriores es la siguiente:

Canal de Entrada

Es un canal rectangular con una altura de 1.50 m por 0.75 m.

Rejilla de Entrada

Consta de una Rejilla Manual... de 1.50 m de ancho...
DE LA PLANTA

Rejilla de Profundidad

Se describe en la descripción de la planta... de 1.50 m de ancho...

Rejilla de Salida

La rejilla de salida se hace con 20 minutos... en profundidad... de 1.50 m.

Rejilla de Salida

Consta de 1 Rejilla Manual... reduciéndose la ribera... de 1.50 m de ancho... su finalidad es... de 1.50 m de ancho...

CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

La planta es una hierba perenne de 1 a 2 metros de altura. Las flores son blancas y aparecen en racimos terminales. El fruto es una baya que se abre al madurar para liberar las semillas.

CAPITULO IV

La descripción de las operaciones y procesos unitarios es la siguiente:

Características

El material rectangular mide 10 cm de ancho por 20 cm de largo.

Rejilla No. 1: CARACTERÍSTICAS

DE LA PLANTA

Módulo Principal

El módulo principal de la planta tiene una capacidad de 100 toneladas por día.

Módulo Auxiliar

El módulo auxiliar de la planta tiene una capacidad de 50 toneladas por día.

Rejilla No. 2

El módulo de la rejilla No. 2 tiene una capacidad de 20 toneladas por día. Su función es la de separar el material de la planta.

CARACTERISTICAS DE LA PLANTA

La planta cuenta actualmente con un Sistema de Tratamiento Previo ó Preliminar con capacidad de 300 lps incluyendo rejilla automática y manuales, medición con indicación de flujo instantáneo graficador e integrador en el cual se basan los Servicios para el cobro mensual del agua residual consumida.

La descripción de las operaciones y procesos unitarios es la siguiente:

Canal de Entrada

Es un canal rectangular donde su flujo es por gravedad.

Rejilla Mecánica:

Consta de una Rejilla Mecánica con aberturas de rejas de 38 mm.

Medidor Parshall:

Su construcción es de concreto y tiene un ancho de garganta " W " de 1 Pie.

Muestreador Automático:

La toma de muestras se hace cada 20 minutos haciéndose en recipientes de 300 ml.

Rejillas Manuales:

Consta de 3 Rejillas Manuales reduciéndose la abertura entre barras consecuentemente de 32 mm. a 19 mm., su finalidad es la de interceptar materia flotante gruesa y voluminosa.

Desarenador:

El desarenador es circular con un diámetro de 4.90 mts. y una profundidad de 1.07 mts. en donde tiene unas rastras por debajo para la colección de los desechos, la velocidad de sedimentación es de 0.3 mts/seg, la finalidad de esta operación es la de separar las arenas, gravas, cenizas o cualquier otra materia pesada que tenga velocidad de sedimentación o peso específico superior a los de los sólidos orgánicos de fácil descomposición del agua residual.

Desmenzador:

Este es una especie de molino con aspas cortantes que trituran material orgánico flotante. Su finalidad es la de aumentar la eficiencia en los procesos básicos tales como sedimentación y oxidación biológica.

Cárcamo de Bombeo:

Este sistema está formado por cuatro bombas centrífugas de alta potencia.

Sedimentador Primario:

Se cuenta con 2 sedimentadores primarios con un diámetro de 22.86 mts. y una profundidad promedio de 3.65 mts. por lo que la capacidad de cada sedimentador es de 1500 m³, su tiempo de retención hidráulico es de 2½ a 3 hrs.

Reactor Biológico:

Se cuenta con 2 unidades rectangulares de 46.70 mts de largo por 11.70 mts. de ancho y profundidad de 5.20 mts. por lo que la capacidad de cada reactor es de 2841 m³, su tiempo de retención hidráulico oscila entre 4 y 5 hrs. y un tiempo de retención celular de 8 días, la inyección de aire se hace por medio de 8 aereadores superficiales de 15 HP c/u y 6 difusores de burbuja gruesa con orificios de 3/4" de diámetro de los cuales son abastecidos de 3 sopladores de 75 HP con capacidad de 28 m³/min c/u y 2 sopladores de 100 HP con capacidad de 64 m³/min c/u. Este se utiliza para convertir la materia orgánica que se encuentra finamente dividida y en suspensión en el agua residual, en sólidos sedimentables flocculentos que puedan separarse en tanques de sedimentación secundario.

Sedimentador Secundario:

Se cuenta con 2 sedimentadores secundarios con un diámetro de 22.86 mts. y una profundidad promedio de 3.65 mts. por lo que la capacidad de cada sedimentador es de 1500 m³, su tiempo de retención hidráulico es de 2½ a 3 hrs. La misión de éste tanque de sedimentación de lodo activado es la de separar los sólidos del licor mezclado, se trata del último paso en la consecuencia de un efluente bien clarificado, estable, de bajo contenido de DBO y Sólidos Sedimentables y, como tal, representa un punto crítico en la operación de un proceso de tratamiento de lodos activados.

Tanque de almacenamiento y Laguna:

Se cuenta con un tanque de almacenamiento y una laguna con capacidad de 4,500 m³ c/u

Desinfección:

La Desinfección mediante cloro se efectúa con 4 cloradores por los cuales se dosifica el cloro envasado en cilindros de 1 tonelada.

En lo que respecta al área de laboratorio se tienen los análisis registrados del año de 1993 los cuáles se encuentran en el Anexo - 1, de donde se dió inicio para analizar las deficiencias de dicha planta.

El sistema de tratamiento de la figura IV-1 correspondiente a la Planta de Tratamiento de Agua Industrial de Monterrey S. de U. muestra la distribución de las unidades de tratamiento que existen actualmente desde su pretratamiento hasta el tanque de almacenamiento, mientras que la figura IV-2 nos muestra la distribución de las unidades propuestas para dicha planta.

Características del Equipo:

TABLA IV-1

RELACION DE MAQUINARIA INSTALADA EN
AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.

Núm. de Motores	H.P. c/u	Equipo que mueven	Marca	Función del Equipo	Estado
1	0.75	Reja Automática	Reliance	Sacar Sólidos del A.R.C.	Usado
1	1.50	Rastra Vertical	Reliance	Sacar Arena del A.R.C.	Usado
1	1.00	Desarenador	Reliance	Mandar la Arena a Rastra Vertical	Usado
1	1.50	Desmenuzador	General Electric	Desmenuzar los Sólidos del A.R.C.	Usado
2	40.00	Bombas A.R.C.	Bayron Jackson	Bombeo a Clarificadores Primarios	Usado
3	40.00	Bombas A.R.C.	Perleess-Tisa	Bombeo a Clarificadores Primarios	Usado
2	0.33	Tornamesa Clarificadores Primarios	U. S.	Eliminación de Sólidos Suspendidos	Usado
8	15.00	Instalación en Reactores	Flender Himmel	Agitación del Proceso	Usado
2	0.33	Tornamesa Clarificadores Secundarios	U. S.	Eliminación de Sólidos Suspendidos	Usado
4	10.00	Bombas Lodos de Retorno	U. S.	Bombeo de Lodo Activado	Usado
2	75.00	Bombas Agua Tratada	Perleess-Tisa	Bombeo a Usuarios	Usado
1	75.00	Bombas Agua Tratada	Baldor	Bombeo a Usuarios	Usado

CONTINUACION

RELACION DE MAQUINARIA INSTALADA EN
AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.

Núm. de Motores	H.P. c/u	Equipo que mueven	Marca	Función del Equipo	Estado
3	125.00	Bombas Agua Tratada	Perleess-Tisa	Bombeo a Usuarios	Usado
2	75.00	Soplador	Mevisa	Aereación en Reactores	Usado
1	75.00	Soplador	Rooth	Aereación en Reactores	Usado
1	100.00	Soplador	Ingersol-Rand	Aereación en Reactores	Usado
1	100.00	Soplador	Continental	Aereación en Reactores	Usado
1	7.50	Extractor	I.E.M.	Cuarto de Sopladores	Usado
1	3.00	Bomba de Pozo	I.E.M.	Suministro a Planta	Usado
2	20.00	Bomba para Exceso de Lodos	I.E.M.	Bombeo Exceso de Lodos	Usado
1	0.16	Incinerador	Asea	Quemar los Sólidos del A.R.C.	Usado
2	40.00	Bombas de La Laguna	Fairbanks-Morse	Bombeo de Laguna a Tanque de Almacenamiento	Usado
2	0.50	Separadores en Filtros de Sopladores	I.E.M.	Agitar Fundas para Limpiarlas de Polvo	Usado

DIAGRAMA DE FLUJO
DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES ACTUALES DE TRATAMIENTO EN
AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.

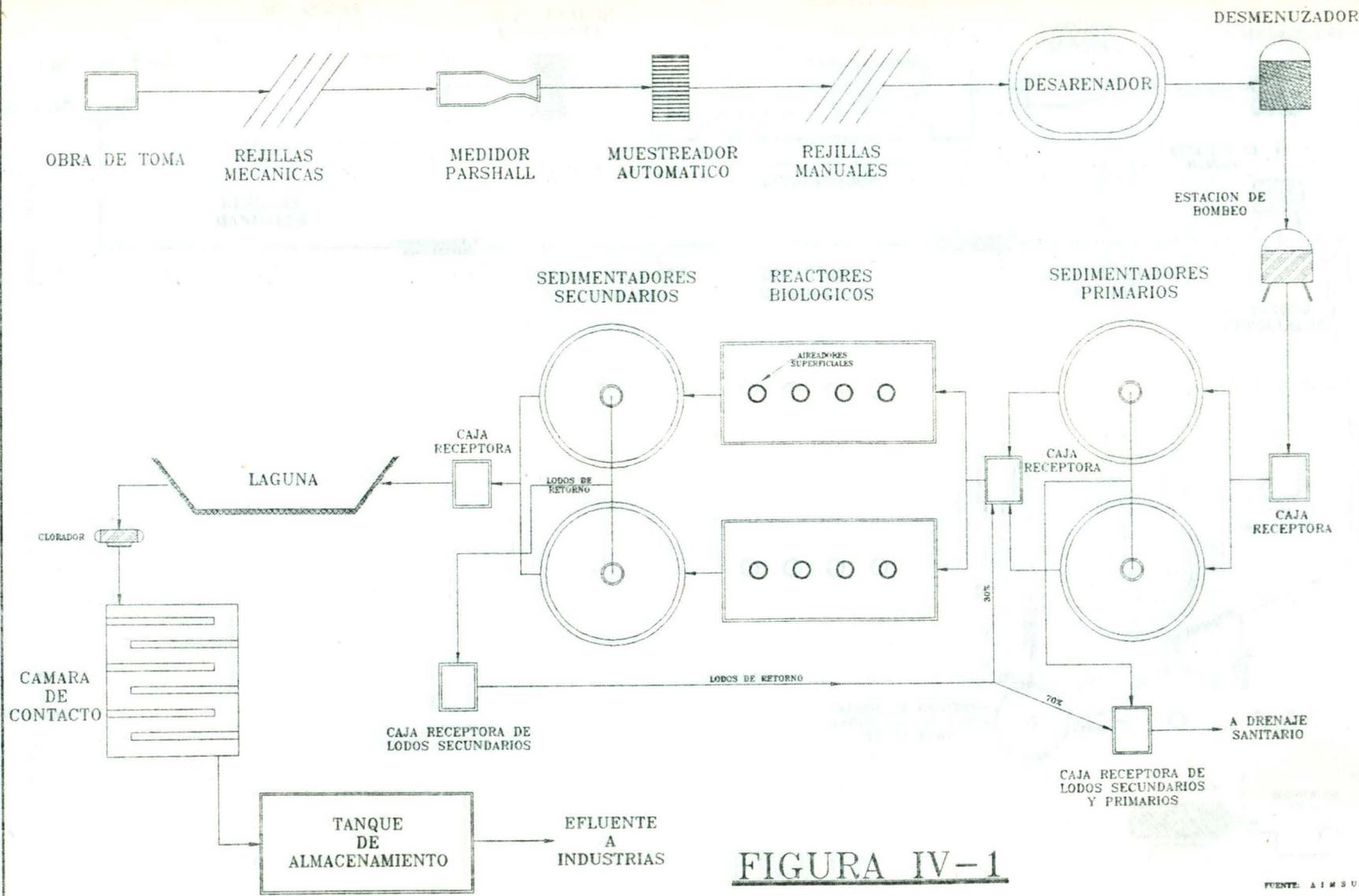


FIGURA IV-1

FUENTE: AIMS U

DIAGRAMA DE FLUJO DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO PROPUESTAS PARA AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.

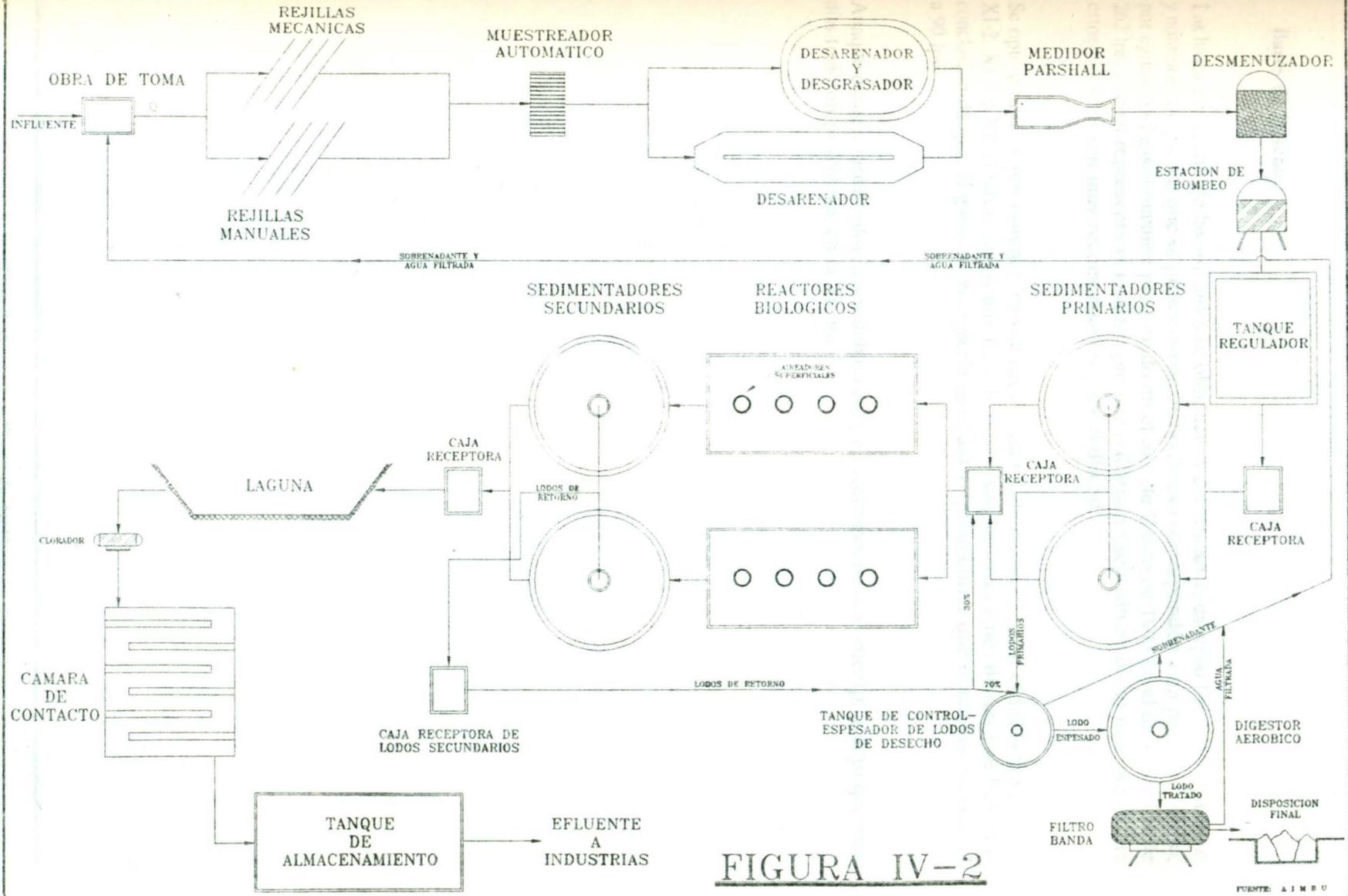


FIGURA IV-2

FUENTE: A I M S U

Bases de Diseño:

Las bases de diseño de las unidades se obtuvieron del Anexo-1, excepto los gastos máximos y mínimos, ya que los que se presentan en dicho Anexo corresponden a un promedio diario, por ejemplo el gasto máximo presentado en el mes de Enero de 1993 en el influente fué de 262 lps. lo cual representa el máximo promedio diario presentado en dicho mes, por lo que estos datos no son muy recomendables para el diseño.

Se optó entonces por obtener los valores de flujo cada media hora en el Influyente (Tablas XI-2, XI-3 y XI-4) para darnos una idea de cuales son las variaciones diarias y se llegó a la conclusión de que el gasto máximo sería igual a 410 lps, mientras que el mínimo sería igual a 90 lps.

Aunque existen varios valores por debajo del gasto mínimo, no se contemplaron ya que esos días tuvieron problemas en la Planta.

OBRA DE TOMA

Se construye un canal de toma de agua en el punto para recibir el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO V

en la figura

- 1. Canal de toma de agua
- 2. Alivio del agua residual
- 3. Mantenimiento de la planta

OBRA DE TOMA

La compuerta de control se desplazara sobre el canal de toma de agua por medio de un sistema de cables de acero, el sistema de cables se fijara en la parte superior de la compuerta y se fijara en la parte superior de la estructura de la planta de tratamiento de aguas residuales.

A partir de aquí se construirán 2 canales, que darán origen a una planta de tratamiento de aguas residuales, como por ejemplo cuando se tenga un punto de captación de aguas residuales en un punto de captación de aguas residuales.

OBRA DE TOMA

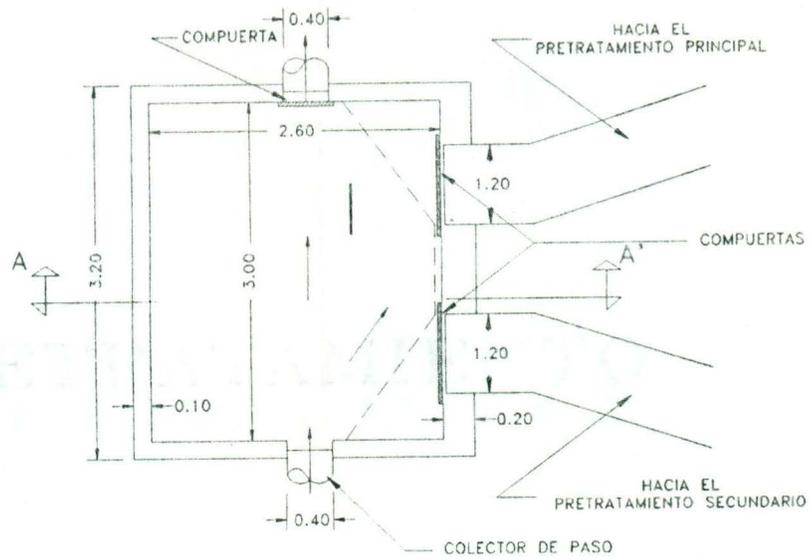
Se construirá una obra de toma dentro del predio para recibir el agua residual proveniente de los Colectores " La Cloaca " y " El Bosque ".

Esta obra consistirá en un pozo de visita que tendrá la forma de un cajón como se muestra en la Figura V-1, en él se instalarán compuertas para:

- ◆ Controlar el flujo.
- ◆ Desviar el agua en exceso.
- ◆ Mantenimiento de la planta.
- ◆ Evitar aguas que contengan tóxicos.

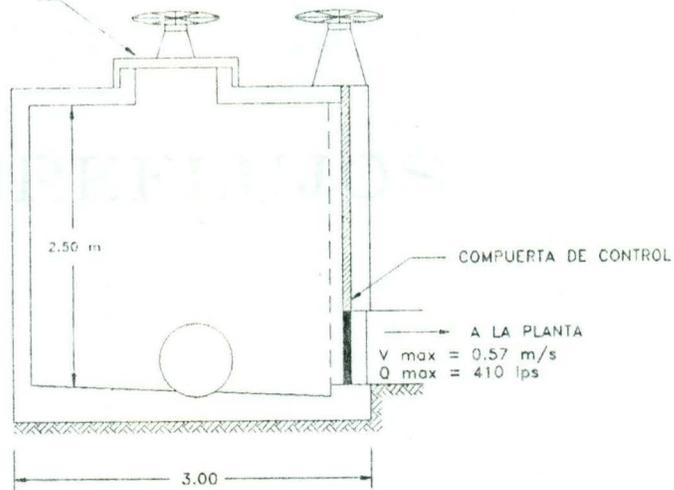
La compuerta de control se desplazará sobre un canal de acero, la misma se accionará por medio de una manivela manual, la compuerta será de lámina de acero tipo rectangular. Esta caja de registro contará con una escalera tipo marina.

A partir de aquí partirán 2 canales, quedando de reserva uno para casos de emergencia como por ejemplo cuando se tenga un gasto muy superior al de diseño o cuando se le de mantenimiento al Pretratamiento Principal.



PLANTA CAJA DE RECEPCION

TAPA DE 0.80 m. X 0.60 m.



CORTE A - A'

Figura V-1.- Obra de Toma.

PRETRATAMIENTO
CAPITULO VI

PARA
CANAL DE ENTRADA
SOBREFLUJOS

CANAL DE ENTRADA

El agua es bombeada de la obra de 1.30 m. a la planta de abastecimiento por un canal de entrada de concreto el cual tiene las siguientes características:

CAPITULO VI

h = 0.60 mts. (Tensión, consumo y beneficio del sistema de las rejillas)

Desarrollar un ley de flujo de 0.3 mts. para abastecer una obra (100' x 100') = 0.90 mts. por lo que la sección requerida de la siguiente manera:

h = 1.20 mts.

CANAL DE ENTRADA

La pendiente para Q_{max} del canal será:

Datos:

$$Q_{max} = 400 \text{ lps}$$

$$= 0.4 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Para calcular el canal)}$$

$$S = \frac{Q^2}{A^2 R^{4/3}} \quad \text{donde } R = \frac{A}{P}$$

Dado:

A = sección mojada de la sección

P = Perímetro mojado de la sección

CANAL DE ENTRADA

El agua que sale de la obra de toma a la planta pasará por un canal de entrada de concreto el cual tendrá las siguientes dimensiones:

$$b = 1.20 \text{ mts. (Obtenido del ancho del canal en las rejillas)}$$

$$h = 0.60 \text{ mts. (Tirante máximo obtenido del cálculo de las rejillas)}$$

Dejaremos un bordo libre de 0.3 mts. para obtener una altura total (HT) = 0.90 mts., por lo que la sección quedará de la siguiente manera:

$$b = 1.20 \text{ mts.}$$

$$HT = 0.90 \text{ mts.}$$

La pendiente para $Q_{\text{máx}}$ del canal será:

Datos:

$$Q_{\text{máx}} = 410 \text{ lps}$$

$$n = 0.013 \text{ (Para concreto común)}$$

$$S = \frac{Q_{\text{máx}}^2 n^2}{A^2 R^{1.33}} \quad \text{donde...} \quad R = \frac{A}{P}$$

Donde:

A = Area mojada de la sección.

P = Perímetro mojado de la sección.

$$R = \frac{(0.60 \text{ mts.}) (1.20 \text{ mts.})}{(2 (0.60 \text{ mts.}) + (1.20 \text{ mts.}))} = 0.30 \text{ mts.}$$

$$S = \frac{(0.41 \text{ m}^3/\text{s})^2 (0.013)^2}{(0.72 \text{ m}^2)^2 (0.30)^{1.33}} = 0.3 \text{ milésimas}$$

Analizando la velocidad para Q_{\min} . con esta pendiente, tenemos que el área del canal es de 0.24 m^2 (base de 1.2 mts. y tirante de 0.2 mts.) por lo que la velocidad crítica es:

$$V_{\text{crít.}} = \left(\frac{Q_{\min}}{A} \right) = \left(\frac{0.09 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.24 \text{ m}^2} \right) = 0.375 \text{ mts/seg}$$

Por lo que nos encontramos dentro de la velocidad recomendable de las rejillas manuales que se encuentra entre 0.3 - 0.6 mts/seg.

Para una longitud del canal de entrada de 6 mts., la pérdida de carga (hf) del canal de entrada está dado por:

$$hf = S L$$

$$hf = (0.0003) (6 \text{ mts.})$$

$$hf = 0.002 \text{ mts.}$$

REJILLAS

El objetivo del cribado es la de interceptar materia flotante gruesa voluminosa, como son: recipientes metálicos, maderas, estopas, trapos, papeles, etc. lográndose esto por medio de rejillas.

Las causas por las cuales es necesario el uso de rejillas son las siguientes:

- a).- Evitar daños a las instalaciones, estructuras, equipos mecánicos y bombas.
- b).- Evitar obstrucciones en tuberías, canales y procesos de tratamientos.
- c).- Reducir la magnitud de lodos.
- d).- Disminuir la adsorción de oxigenación en aguas de dilución.

Condiciones de Diseño:

Con el objeto de proporcionar suficiente superficie de reja para la acumulación de basuras entre las operaciones de limpieza, es esencial que la velocidad de aproximación se encuentre entre 0.3 - 0.6 para rejillas de limpieza manual y entre 0.6 - 1.0 m/seg para rejillas de limpieza mecánica. El área adicional necesaria para limitar la velocidad se puede obtener ensanchando el canal en la reja y colocando ésta con una inclinación más suave. Conforme se acumulan las basuras, la reja se obtura parcialmente, lo que provoca un aumento en la pérdida de carga. El diseño estructural de la reja debe ser adecuado para evitar su rotura en caso de que llegue a taponearse totalmente.

Este tipo de equipo puede utilizarse cuando el contenido de sólidos es muy elevado, cuando se trabaja con fluidos de alta viscosidad ó cuando los sólidos que se desea separar tiene menos densidad que la del fluido.

Los materiales recogidos constituyen un producto difícil de evacuar. A veces se trituran y se vuelven a arrojar a la corriente de aguas residuales para eliminarlos en el tratamiento primario, o bien se comprimen en prensas especiales hasta un volumen cinco veces inferior al primitivo, para obtener unas briquetas que pueden evacuarse con camiones. La evacuación también puede realizarse por incineración o por almacenamiento en rellenos sanitarios.

En el diseño de las rejas debe prestarse atención al dimensionamiento de la cámara donde se alojan, con el fin de evitar la formación de vórtices, que dificultan el buen funcionamiento del sistema. La cámara de la reja debe tener la longitud suficiente para evitar la sedimentación de partículas, unas dimensiones tales que la velocidad de paso de la corriente de las aguas residuales por la cámara no sea inferior a 0.6 m/seg. para las aguas que arrastran arenilla, o inferior a 0.30 m/seg. para otros tipos de aguas residuales.

Donde:

$W_L =$ Caudal de carga en m³/s

Cantidad de Basura:

La cantidad de basura recogida depende según el tipo de rejilla utilizada, así como también según el sistema de alcantarillado y la situación geográfica. La cantidad de basura que se está generando actualmente en la Planta de Tratamiento de Agua Industrial de Monterrey S. de U. es de aproximadamente 0.5 m³/día.

Eliminación de Basuras:

Los medios para eliminar la basura son los siguientes:

- a).- Descarga a trituradores.
- b).- Eliminación por transporte a zonas de relleno.
- c).- Incineración.

Actualmente el medio que se está utilizando en AIMSU es la eliminación por transporte a zonas de relleno.

Pérdida de Carga:

Una de las ecuaciones más ampliamente usadas para el cálculo de Pérdida de Carga en rejillas hidráulicas fue propuesta por **Kirschmer**.

$$HL = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{4/3} hv \operatorname{sen} \theta$$

Donde:

- HL = Pérdida de carga; en mts.
- β = Factor de la fórmula de la barra.
- w = Ancho máximo transversal de las barras en la dirección de la corriente; en mts.
- b = Separación mínima entre barras; en mts.
- θ = Angulo de la reja con respecto a la horizontal; en °.
- hv = Altura cinética del flujo que se aproxima a la reja; en mts. siendo ...

$$hv = \left(\frac{K V^2}{2 g} \right)$$

Donde:

- K = Coeficiente de descarga dependiente de la forma de las rejillas, con un valor medio de $K = 0.54$.
- V = Velocidad media del agua; en mts/seg.
- g = Aceleración de la gravedad; 9.81 mts/seg².

Nota: La pérdida de carga para la ecuación de **Kirschmer**, es solamente de aplicación cuando las barras estén limpias, la pérdida de carga aumenta con el grado de obturación, por lo que su utilización en aguas negras es limitada en la práctica.

Los valores de Kirschmer de B para distintas formas de barras se dan en la Tabla VII-1.

TABLA VII-1**VALORES DE B PARA DIFERENTES TIPOS DE BARRAS**

Tipo de Barra	B
Rectangular con bordes agudos	2.42
Rectangular con la cara de aguas arriba semicircular	1.83
Circular	1.79
Rectangular con ambas caras semicircular	1.67

CALCULO DE REJILLAS MANUALES**Selección de Rejillas:**

Se decidió usar un sistema de dos rejillas con reducción de abertura entre barras consecuentemente de 32 mm a 19 mm.

De acuerdo a ⁽¹⁾, la velocidad recomendable en rejillas manuales debe de encontrarse entre 0.3 - 0.6 m/s, por lo que la velocidad está dada por:

$$Q = V A \quad V = \frac{Q}{A}$$

La sección propuesta del canal es la siguiente:

a = 1.2 mts. (Ancho del Canal).

h = 0.6 mts. (Tirante del Agua).

B.L. = 0.3 mts. (Bordo Libre).

H T = 0.9 mts. (Profundidad Total).

Para un Gasto de 0.41 m³/seg. tenemos lo siguiente.

$$V = \frac{0.41 \text{ m}^3/\text{seg}}{(1.2 \text{ mts.}) (0.6 \text{ mts.})} = 0.57 \text{ mts}/\text{seg.}$$

¹ Tabla 8.2, Pagina 345.

Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, Evaluación
y Reutilización de Aguas Residuales.
Metcalf & Eddy.

De acuerdo a ⁽¹⁾ nos encontramos dentro de la velocidad recomendable.

Rejillas Gruesas:

La Pérdida de Carga está dada por la siguiente ecuación

$$HL = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{4/3} hv \operatorname{sen} \theta$$

$$hv = \left(\frac{K V^2}{2 g} \right)$$

Donde:

K = 0.54 (Coeficiente de descarga dependiente de la forma de las rejillas).

g = 9.81 mts/seg² (Aceleración de la gravedad).

β = 2.42 (Factor de la barra rectangular con bordes agudos).

w = 0.012 mts. (Espesor de la barra frente al flujo).

b = 0.032 mts. (Separación entre barras).

θ = 75° (Angulo de la reja con respecto a la horizontal).

V = 0.57 mts/seg. (Velocidad media del agua).

Sección de barras rectangulares; 1½" x ½" = 3.81 x 1.2 cm.

¹ Tabla 8.2, Pagina 345.
Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, Evaluación y
Reutilización de Aguas Residuales.
Metcalf & Eddy.

$$h_v = \left(\frac{0.54 (0.57)^2}{2 (9.81)} \right) = 0.0089 \text{ mts.}$$

$$HL = 2.42 \left(\frac{0.012}{0.032} \right)^{4/3} (0.0089) \text{ sen } 75^\circ = 0.006 \text{ mts.}$$

La pérdida máxima aceptable en una barra de limpieza manual es de 0.75 mts. por lo que se encuentra dentro del rango aceptado teóricamente.

La forma de la rejilla será de acuerdo como se muestra en la Figura VII-1.

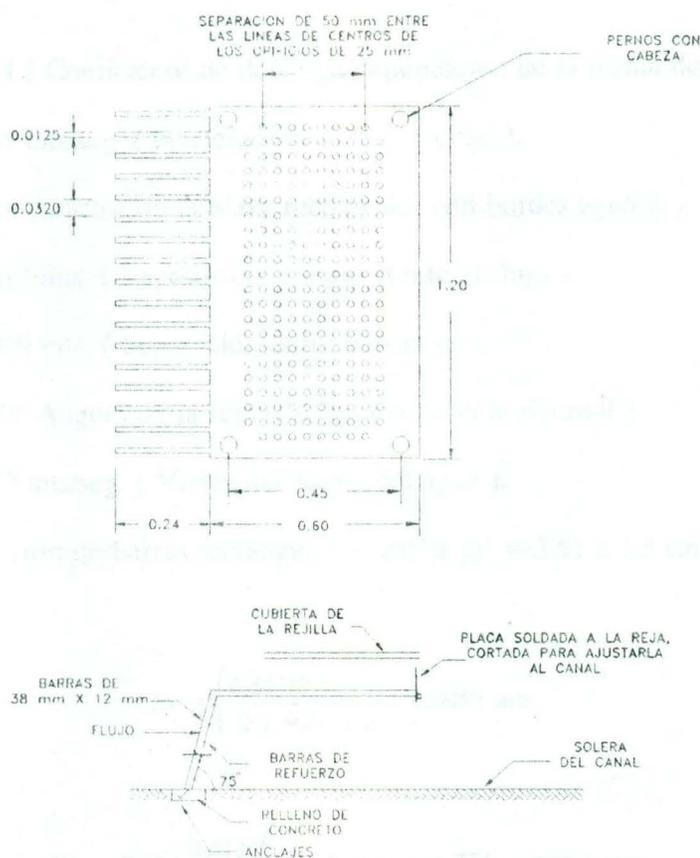


Figura VII-1.- Rejilla Gruesa de Limpieza Manual

Rejillas Finas:

La Pérdida de Carga está dada por la siguiente ecuación

$$HL = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{4/3} hv \operatorname{sen} \theta$$

$$hv = \left(\frac{K V^2}{2 g} \right)$$

Donde:

K = 0.54 (Coeficiente de descarga dependiente de la forma de las rejillas).

g = 9.81 mts/seg² (Aceleración de la gravedad).

β = 2.42 (Factor de la barra rectangular con bordes agudos).

w = 0.012 mts. (Espesor de la barra frente al flujo).

b = 0.019 mts. (Separación entre barras).

θ = 75° (Angulo de la reja con respecto a la horizontal).

V = 0.57 mts/seg. (Velocidad media del agua).

Sección de barras rectangulares; 1½" x ½" = 3.81 x 1.2 cm.

$$hv = \left(\frac{0.54 (0.57)^2}{2 (9.81)} \right) = 0.0089 \text{ mts.}$$

$$HL = 2.42 \left(\frac{0.012}{0.019} \right)^{4/3} (0.0089) \operatorname{sen} 75^\circ = 0.013 \text{ mts.}$$

La forma de la rejilla fina manual será de acuerdo como se muestra en la Figura VII-2.

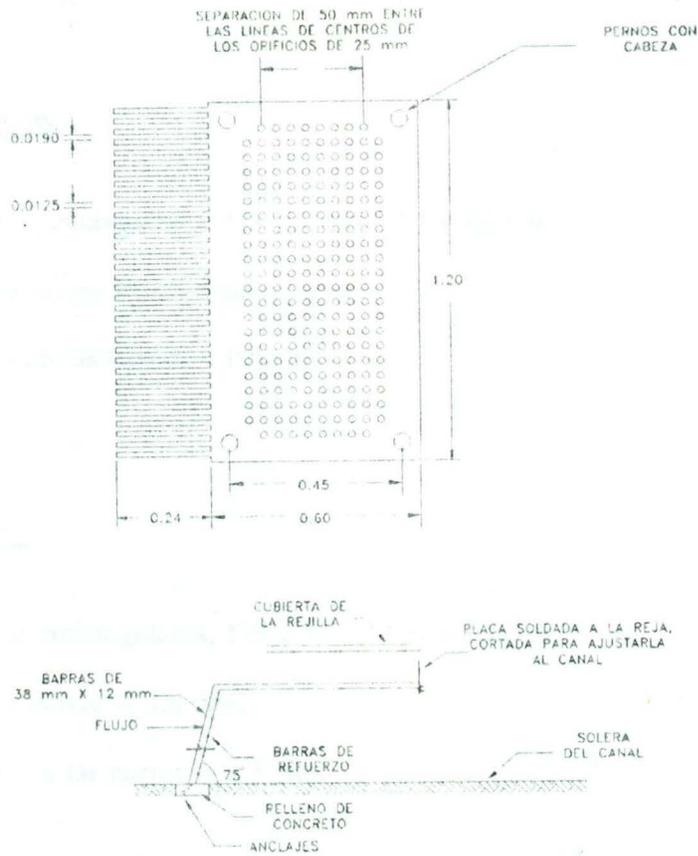


Figura VII-2.- Rejilla Fina de Limpieza Manual

SINTE SIS

Para un Gasto Máximo de 410 lps.

Rejillas Gruesas:

Reja de las barras rectangulares; $1\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{2}'' = 3.81 \times 1.2$ cm.

Separación entre barras = 3.2 cms.

Pérdida de carga en las barras = 0.6 cms.

Rejillas Finas:

Reja de las barras rectangulares; $1\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{2}'' = 3.81 \times 1.2$ cm.

Separación entre barras = 1.9 cms.

Pérdida de carga en las barras = 1.3 cms.

Sección del Canal definitivo en el Area de Las Rejillas Manuales

Base = 1.20 mts.

Altura = 0.90 mts. (Incluyendo Bordo Libre).

En estos casos, el medidor Parshall es el instrumento más adecuado para medir el caudal de agua en canales de sección rectangular. Su uso es sencillo y preciso, y no requiere de grandes inversiones económicas.

CAPITULO VIII

Se describirá en este capítulo el funcionamiento y uso del medidor Parshall, así como los factores que influyen en su precisión. Se explicará también cómo se relaciona el caudal con la altura del agua sobre el medidor, y se presentarán ejemplos de su aplicación en canales de diferentes anchuras.

MEDIDOR PARSHALL

Generalmente, el medidor Parshall se utiliza para medir el caudal de agua en canales de sección rectangular. Este instrumento es muy preciso y fácil de usar, y no requiere de grandes inversiones económicas. Su funcionamiento se basa en la medición de la altura del agua que fluye sobre un obstáculo en forma de V invertida.

En caso de que se desee medir el caudal de agua en un canal de sección rectangular, el medidor Parshall es el instrumento más adecuado. Su uso es sencillo y preciso, y no requiere de grandes inversiones económicas. Se explicará también cómo se relaciona el caudal con la altura del agua sobre el medidor, y se presentarán ejemplos de su aplicación en canales de diferentes anchuras.

MEDIDOR PARSHALL

En lugares donde el manejo y control del agua requiere una cuidadosa atención, la medida del agua en los canales ha sido un problema molesto y costoso, prefiriéndose variados procedimientos según las circunstancias en que debe medirse el agua así como la precisión requerida.

Se considera que el empleo de los vertedores es uno de los mejores procedimientos para efectuar aforos, pero esto solo dentro de ciertos límites y con una adecuada instalación y conservación de la estructura, con el objeto de no alterar con el tiempo las características de contracción en el chorro ni la velocidad de llegada. En los canales, debido a su poca pendiente, no es adecuada la instalación de un vertedor, puesto que por una parte no siempre es tolerable un aumento de consideración en el tirante en el canal aguas arriba del vertedor, y por otra el agua usualmente acarrea en suspensión partículas de tierra que son depositadas arriba de la estructura debido a la disminución de la velocidad, y estos sedimentos van modificando las distancias de contracción de la cresta y paredes laterales del vertedor, así como la velocidad de llegada.

Generalmente el tipo de vertedores mas usado es aquel en donde se han suprimido las contracciones laterales del chorro por ser la longitud de la cresta igual al ancho del canal de llegada con sus paredes laterales paralelas: Otro tipo muy usado también es el de vertedor estándar con contracción completa en el chorro. En ambos tipos el canal aguas abajo es lo suficientemente ancho para permitir la completa aireación del chorro, y para lo cual en el primer tipo se dotarán ventilas adecuadas en el caso de que las paredes laterales se continúen aguas abajo de la obstrucción que forman el vertedor.

En casos de canales de mayor capacidad, el aforo se efectúa con molinete o bien aplicando las fórmulas para canales, para lo cual generalmente se reviste convenientemente un tramo de canal y se dota de una escala para conocer el tirante o bien directamente el área correspondiente, sin embargo, este procedimiento no es satisfactorio en algunos casos particulares en donde en un lapso relativamente corto el azolve que se deposita en el fondo modifica radicalmente la sección.

El problema de contar con un dispositivo cuya precisión fuese la de un vertedor pero en donde no se tuviera el serio problema del azolve, fue resuelto satisfactoriamente por el Ingeniero Raph L. Parshall de la Estación Agrícola Experimental de Colorado, E.U.A., quien desde 1920 continuó las investigaciones de V.M. Cone en su Medidor de Venturi introduciendo modificaciones que le condujeron a producir una estructura completamente diferente que presentaba grandes ventajas sobre la estructura ideada por Cone, y la llamó Conducto Medidor de Venturi Mejorado, pero más tarde su nombre fue cambiado oficialmente pues tomando en cuenta la labor desarrollada por Parshall, por recomendación del Comité de Riesgos de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles y con la aprobación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y de la Estación de Colorado, se acordó designar a la nueva estructura con el nombre de Conducto Medidor Parshall.

El Medidor Parshall ha tenido una gran aceptación como estructura de aforo debido a las grandes ventajas que presenta y entre las cuales podemos enumerar las siguientes:

- 1.- El diseño de la estructura es demasiado simple y por lo tanto su construcción resulta barata especialmente si se le sitúa en lugares que deben ser provistos de revestimiento o si se combina con algunas otras estructuras tales como caídas, sifones u otra clase de cruces etc.
- 2.- La estructura trabaja eficientemente aun teniendo gran variación en el gasto pues tanto para gastos pequeños como para grandes su determinación se hace con bastante exactitud utilizando las fórmulas empíricas que Parshall obtuvo después de efectuar numerosos experimentos. Estas fórmulas comprenden bastante amplitud en las condiciones de trabajo de la estructura y con ellas se puede determinar el gasto con bastante precisión pues cuando el medidor trabaja ahogado, el error no pasa de 5% y cuando trabaja con descarga libre, el error es menos del 3%.
- 3.- El problema de azolve aguas arriba de la estructura y en la estructura misma es eliminado debido a que el aumento de la velocidad la mantiene libre de obstrucciones conservando siempre su misma precisión.
- 4.- La velocidad de llegada no tiene influencia prácticamente en la determinación del gasto y por lo tanto se puede prescindir de las cámaras de reposo.
- 5.- La pérdida de carga es muy pequeña en comparación con las que se originan en otras estructuras de aforo.

DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

El medidor parshall está constituido por tres partes fundamentales que son: la entrada, la garganta y la salida. La primera está formada por dos paredes verticales simétricas y convergentes, y de un fondo o plantilla que es horizontal: la garganta está formada por dos paredes también verticales pero paralelas, y el fondo es inclinado hacia abajo con una pendiente de 2.676:1 - La salida, por dos paredes verticales divergentes y el fondo es ligeramente inclinando hacia arriba.

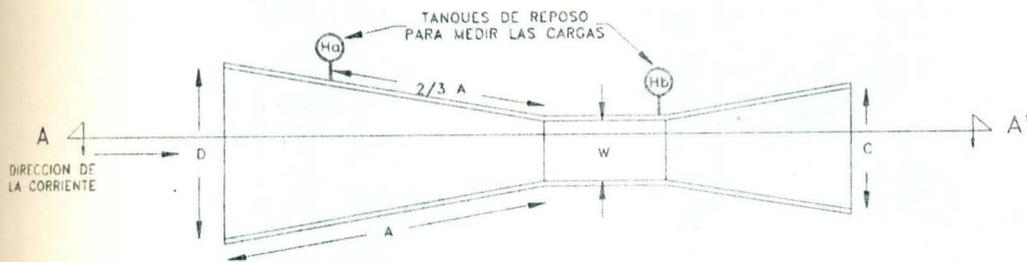
Hay que hacer notar que tanto las paredes como el fondo son planos, y a la arista que se forma por la unión del fondo de la entrada y el de la garganta se le llama **cresta del Medidor** y a su longitud (o sea la distancia entre las paredes de la garganta) se le llama **Tamaño del Medidor** y se le designa por la letra W.

En la Figura VIII-1 se muestra un medidor en donde están acotadas sus dimensiones conservando prácticamente las mismas notaciones usadas por Parshall.

Tiene la estructura dos pozos amortiguadores que sirven para medir con precisión las cargas H_a y H_b antes y después de la cresta, están colocados en los lados de la estructura y comunicados a ella por tubería que se conecta a puntos bien definidos de la entrada y la garganta. En estas cámaras se alojan los flotadores de los limnigrafos en el caso de que se dote a la estructura de estos aparatos y su cuesta de albergue. Conviene aclarar que las cargas H_a y H_b son a partir de la cota de la cresta y por lo tanto el cero de las escalas está al nivel del piso de la entrada y dichas escalas se pueden colocar o dibujar directamente sobre las paredes de la estructura cuando es pequeña (de unos 0.15 m) y se desea suprimir las cámaras de reposo. Este tipo de medidor portátil se puede construir de lámina de acero y fierro.

Las fórmulas para el cálculo de Medidores Parshall son completamente empíricas y fueron establecidas mediante el análisis de los resultados obtenidos en numerosos experimentos efectuados usando medidores de distinto tamaño, y aun cuando al aumentar la capacidad de los Medidores Parshall no hizo variar las dimensiones de las estructuras siguiendo una ley definida, sino que lo hizo de manera mas o menos arbitraria, encontró que una misma fórmula daba el gasto en medidores cuyo tamaño estaba comprendido entre ciertos límites y por lo tanto el fenómeno natural no se alteró por la forma irregular de variar las dimensiones puesto que mantenía una misma expansión matemática, por ejemplo, comprobó que el gasto se obtenía por una misma fórmula en medidores cuya aptitud en la garganta estaba comprendida entre uno y ocho pies, y con otra fórmula en medidores cuyo tamaño estaba comprendido entre 10 y 50 pies. Cosa parecida aconteció con otros fenómenos naturales, por ejemplo la pérdida de carga en el medidor.

Teniendo en cuenta lo anterior, es evidente que las mismas fórmulas que fueron encontradas por Parshall en sus experimentos para las estructuras que utilizó, son igualmente validas en otras estructuras de dimensiones intermedias a las empleadas para obtener dichas fórmulas y por lo tanto el diseñar un medidor Parshall es únicamente un proceso de interpolación para encontrar las dimensiones del medidor deseado, utilizando para hacer tal interpolación los valores de las dimensiones de los medidores con los cuales Parshall experimentó.



PLANTA MEDIDOR PARSHALL



CORTE A - A'

FIGURA VIII-1.- Dimensiones en Medidor Parshall

En la Tabla VIII-1 se da una recopilación de las dimensiones de las estructuras usadas en los experimentos de Parshall, expresadas en pies y fracciones decimales de pie, y cuyos datos fueron tomados de las siguientes publicaciones, las cuales se recomiendan para mayor información:

(The table content is extremely faint and illegible due to the quality of the scan. It appears to be a grid-based table with multiple columns and rows of data.)

TABLA VIII-1
DIMENSIONES EN PIES Y CAPACIDADES EN PIES³/SEG, DE MEDIDORES PARSHALL

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	Gasto Límite para descarga libre	
												Máx.	Mín.
0.25	1.53	1.500	0.583	0.848	1.250	0.500	1.000	0.083	0.187	0.083	0.125	1.2	0.03
0.50	2.04	2.000	1.292	1.292	1.500	1.000	2.000	0.250	0.375	0.167	0.250	3.9	0.05
0.75	2.89	2.833	1.850	1.805	2.000	1.000	2.500	0.250	0.375	0.167	0.250	8.8	0.09
1.00	4.50	4.406	2.000	2.771	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	16.1	0.35
1.50	4.75	4.659	2.500	3.366	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	24.6	0.50
2.00	5.00	4.906	3.000	3.958	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	33.1	0.66
3.00	5.50	5.396	4.000	3.156	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	50.4	0.97
4.00	6.00	5.885	5.000	3.354	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	67.9	1.26
5.00	6.50	6.375	6.000	7.552	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	85.6	2.22
6.00	7.00	6.865	7.000	8.750	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	103.5	2.63
7.00	7.50	7.354	8.000	9.948	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	121.4	4.08
8.00	8.00	7.844	9.000	11.146	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	139.5	4.62
10.00	9.00	14.000	12.000	15.604	4.000	3.000	6.000	0.500	1.125	1.000	0.750	200.0	9.10
12.00	10.00	16.000	14.667	18.396	5.000	3.000	8.000	0.500	1.125	1.000	0.750	350.0	9.10
15.00	11.50	25.000	18.333	25.000	6.000	4.000	10.000	0.750	1.125	1.000	0.750	600.0	9.10
20.00	14.00	25.000	24.000	30.000	7.000	6.000	12.000	1.000	2.250	1.000	0.750	1000.0	10.00
25.00	16.50	25.000	29.333	35.000	7.000	6.000	13.000	1.000	2.250	1.000	0.750	1200.0	15.00
30.00	19.00	26.000	34.667	40.396	7.000	6.000	14.000	1.000	2.250	1.000	0.750	1500.0	15.00
40.00	24.00	27.000	45.333	50.792	7.000	6.000	16.000	1.000	2.250	1.000	0.750	2000.0	20.00
50.00	29.00	27.000	56.667	60.792	7.000	6.000	20.000	1.000	2.850	1.000	0.750	3000.0	25.00

FUNCIONAMIENTO DEL AFORADOR PARSHALL

Los muros convergentes de la entrada guían suavemente los filetes de la vena líquida hasta la cresta, que es propiamente la sección de control, en donde debido al cambio brusco de la pendiente del piso en la garganta, el agua escurre con un mínimo de energía, es decir con la profundidad crítica cuando el escurrimiento es libre, que es uno de los dos casos de escurrimiento que pueden efectuarse en la estructura, el otro es el de **escurrimiento con sumersión o ahogado**.

Al entrar el agua en el medidor, debido a que la sección va reduciéndose, su velocidad va en continuo aumento, pues al llegar a la cresta del medidor se precipita siguiendo el piso descendente de la garganta, hasta que al salir de ella empieza a perder velocidad y como ésta es menor en el canal aguas abajo, resulta que debe producirse un salto hidráulico cerca del extremo inferior de la garganta.

La localización de este salto es variable con el gasto que pasa por el medidor, pues para un gasto muy grande o muy pequeño, el salto se localizará más lejos o más cerca de la garganta, consecuentemente con lo cual la carga H_b variará haciéndose más pequeña o aumentando tendiendo a ser igual a H_a .

Cuando la carga H_b es considerablemente menor que la carga H_a se dice que el medidor trabaja con **Descarga Libre** y en estas condiciones el gasto es función únicamente de la carga H_a de la entrada; pero cuando la carga H_b difiere poco de la carga H_a se dice que el medidor trabaja con **Sumersión** y entonces el gasto es función de las dos cargas H_a y H_b .

A la relación $S = H_b / H_a$ se le llama **Grado de Sumersión** y es la que determina si en un momento dado el medidor trabaja con descarga libre o con sumersión, estas características de escurrimiento, están determinadas con los siguientes valores límites:

TABLA VIII-2

VALORES DE " S " PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE MEDIDORES

Tamaño del medidor	Descarga Libre	Con Sumersión
W menor de 0.30 m	S menor que 0.60	S de 0.60 a 0.95
W entre 0.30 y 2.50 m	S menor que 0.70	S de 0.70 a 0.95
W entre 2.50 y 15.00 m	S menor que 0.80	S de 0.80 a 0.95

Las investigaciones de Parshall mostraron que cuando el grado de sumersión es mayor de 0.95, la determinación del gasto se vuelve muy incierta debiendo adoptarse por lo tanto 0.95 como valor máximo de S.

Es recomendable el que un medidor trabaje con descarga libre porque entonces para calcular el gasto será suficiente conocer solamente la lectura de la carga H_a para sustituirla en la expresión general:

$$Q = m H_a^n \quad \dots(VIII-1)$$

En donde los valores de m y n varían con el tamaño del medidor. Como resultado de sus experimentos, Parshall encontró valores definidos para estos parámetros resultando que la Ecuación VIII-1 expresa el gasto sólo en función de la carta H_a en una forma análoga como se liga el gasto con la carga en los vertedores, y las fórmulas que da para los distintos tamaños de medidores usados son las siguientes (en el sistema inglés):

Para W igual a 0.5 pies:

$$Q = 2.06 H_a^{1.58} \quad \dots(VIII-2)$$

Para W comprendido entre uno y ocho pies:

$$Q = 4 W H_a^{1.522} W^{0.026} \dots(VIII-3)$$

Para W comprendido entre 10 y 50 pies:

$$Q = (3.6875 W + 2.5) H_a^{1.6} \dots(VIII-4)$$

La Ecuación VIII-4 suele aplicarse para valores de W comprendidos entre 8 y 10 pies. Transformando estas fórmulas al sistema métrico de manera que W y H_a estén expresados en metros y Q en metros cúbicos por segundo, se tiene:

Para W igual a 0.15 mts:

$$Q = 0.3812 H_a^{1.58} \dots(VIII-5)$$

Para W comprendido entre 0.30 y 2.50 mts:

$$Q = 0.372 W (3.281 H_a)^{1.57} W^{0.026} \dots(VIII-6)$$

Para W comprendido entre 2.50 y 15.00 mts:

$$Q = (2.293 + 0.474) H_a^{1.6} \dots(VIII-7)$$

Empleando estas ecuaciones se han calculado los valores de los parámetros m y n de la Ecuación VIII-1 correspondientes a diferentes valores de W y se dan en la Tabla VIII-3.

TABLA VIII-3

VALORES DE " M " Y " N " PARA LA ECUACION VIII-1, EN UNIDADES METRICAS

W metros	m	n	W metros	m	n
0.15	0.3812	1.580	4.50	10.790	1.60
0.30	0.680	1.522	5.00	11.937	1.60
0.50	1.161	1.542	6.00	14.229	1.60
0.75	1.774	1.558	7.00	16.522	1.60
1.00	2.400	1.570	8.00	18.815	1.60
1.25	3.033	1.579	9.00	21.107	1.60
1.50	3.673	1.588	10.00	23.400	1.60
1.75	4.316	1.593	11.00	25.692	1.60
2.00	4.968	1.599	12.00	27.985	1.60
2.50	6.277	1.608	13.00	30.278	1.60
3.00	7.352	1.60	14.00	32.570	1.60
3.50	8.498	1.60	15.00	34.863	1.60
4.00	9.644	1.60			

102112232

FORMULAS PARA CALCULAR EL GASTO CUANDO EL MEDIDOR TRABAJA CON INMERSO

Cuando un medidor trabaja con inmerso, las fórmulas correspondientes a descarga libre dan un gasto mayor que el real, por lo tanto es necesario aplicar una corrección sustractiva a la Ecuación VIII-1 quedando como expresión general del gasto:

$$Q = m H_a^n - C \quad \dots(VIII-8)$$

en la cual, la corrección C es una función de W, H_a y H_b, o mejor dicho de W, para calcular la corrección C se utilizan las siguientes ecuaciones en el sistema Inglés:

Para medidores de W igual a 0.5 pies:

$$C = \frac{0.072 H_a^{2.22}}{\left(\frac{H_a + 10}{10} - S\right)^{1.44}} - \frac{H_a - 0.184}{8.17} \quad \dots(VIII-9)$$

Para medidores en los cuales W está comprendido entre uno y ocho pies y el grado de sumersión está comprendido como se dijo antes entre 0.70 y 0.95

$$C = \left(\left(\frac{H_a}{\left(\frac{1.8}{S}\right)^{1.8} - 2.45} \right)^{4.57 - 3.14 S} + 0.093 S \right) W^{0.815} \quad \dots(VIII-10)$$

SELECCION DEL TAMAÑO MAS ADECUADO E INSTALACION DEL MEDIDOR

El cálculo para el proyecto e instalación de un medidor Parshall se reduce únicamente a comparar la relación del par de valores. Tamaño W y pérdida de carga p correspondiente, que tiene lugar en diferentes tamaños de medidores con el objeto de escoger aquel que presente mayores ventajas.

Es necesario conocer de antemano el gasto máximo que la estructura está destinada a recibir, ya que existen varios tamaños de medidores que son capaces de medirlo, para seleccionar de entre estos tamaños el más adecuado, se tiene en cuenta lo siguiente:

Desde el punto de vista de la economía en la construcción de la estructura, el menor de los medidores con la capacidad requerida será el más favorable, por otra parte, un medidor demasiado grande resultará impreciso toda vez que en éste, a una variación pequeña en la carga corresponde una variación considerable en el gasto, sin embargo, hay otras consideraciones que hacen que en la mayoría de los casos, el medidor que se instala no sea el más pequeño, por ejemplo, un medidor pequeño origina una pérdida de carga fuerte, que se traduce en un apreciable aumento en el tirante del canal aguas arriba del medidor, que se pueda traducir en una completa variación de las condiciones de escurrimiento en dicho canal pues a ese aumento de tirante y disminución de velocidad puede corresponder un depósito de azolve, por otra parte, puede poner en peligro la estabilidad de los bordos al reducirse el bordo libre y también, si el medidor está colocado cerca de la bocatoma que alimenta el canal lateral en donde está instalado, ese aumento de tirante en el lateral requiere el mismo aumento del tirante en el canal principal, lo cual no siempre es posible y en consecuencia la derivación es de un gasto menor que aquel para el cual fue proyectado el lateral.

Otra consideración que a menudo obliga a instalar un medidor de tamaño mayor que el mínimo necesario, es la fuerte velocidad que se produce a la salida que es tanto mayor cuanto menor es el tamaño del medidor y con el objeto de evitar erosiones aguas abajo de la estructura, a veces se tiene que colocar un revestimiento que eleva el costo de instalación y es necesario por lo tanto optar por un tamaño un poco mayor, lo que también reduce la longitud de las paredes laterales o aleros cuando éstos se hacen necesarios. Usualmente el tamaño del medidor varía de $1/3$ a $1/2$ del ancho de la plantilla del canal cuando se trata de canales rectangulares pequeños y de $2/3$ aproximadamente cuando se trata de canales trapeciales.

El buen funcionamiento de la estructura no sólo depende de un tamaño adecuado sino también de una correcta instalación, y para ello es necesario conocer de antemano la pérdida de carga que origina la estructura para adoptar una correcta elaboración de la cresta sobre la plantilla del canal, pues se corre el riesgo de colocar el medidor demasiado bajo haciendo que aun para gastos pequeños trabaje con sumersión o bien demasiado alto con lo cual, además de elevar innecesariamente el tirante aguas arriba del medidor se aumenta excesivamente la velocidad en la salida, que puede causar erosiones en el canal.

En resumen, el cálculo de un Medidor Parshall, se reduce a escoger la estructura más adecuada, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores dentro del siguiente análisis:

Cuando el tamaño del medidor se disminuye, se disminuye también la elaboración de la cresta sobre la plantilla del canal y a mayor gasto corresponde mayor grado de sumersión, así se tendrá en cuenta que para un correcto funcionamiento del medidor, nunca debe hacerse trabajar con un grado de sumersión mayor que 0.95 y de ser posible se procurará que trabaje siempre con descarga libre.

Las dimensiones en pies para un medidor de los siguientes

$$W = 1.000$$

$$H = 4.500$$

$$D = 4.400$$

$$C = 2.000$$

$$D = 2.771$$

$$H = 1.000$$

$$H = 2.000$$

$$C = 1.000$$

$$S = 0.250$$

$$S = 0.300$$

$$S = 0.150$$

$$S = 0.250$$

CAPITULO ALFONSO

CALCULOS DEL CANAL PARSHALL

La unidad propuesta para aforar a la entrada de la Planta es una Canaleta Parshall de 1 Pie de ancho en la garganta, teniendo un rango de funcionamiento de 0.35 a 16.1 ft³/seg (10 a 456 lps) según Azevedo, la Fórmula del caudal para W = 1 ft es la siguiente:

$$Q = 4 (H_a)^{1.522}$$

Donde:

Q = Caudal en ft³/seg.

Ha = Tirante a los 2/3 de A en ft.

Las dimensiones en pies para esta canaleta son las siguientes:

W = 1.000

A = 4.500

B = 4.406

C = 2.000

D = 2.771

E = 3.000

F = 2.000

G = 3.000

K = 0.250

N = 0.750

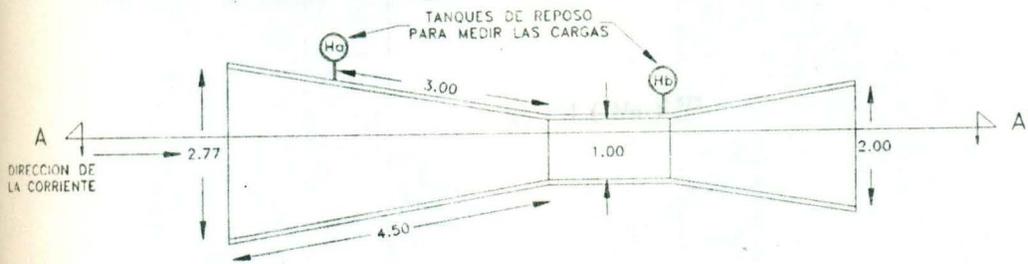
X = 0.167

Y = 0.250

Para determinar los tirantes (H_a) máximos y mínimos se considera lo siguiente:

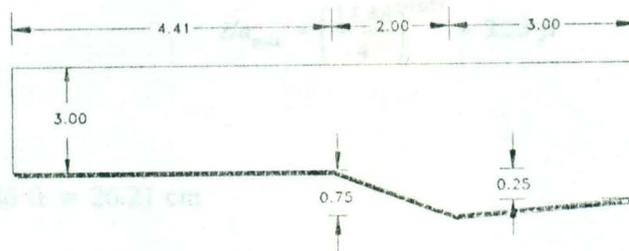
$$Q_{max} = 291 \text{ lps } (3.13 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$Q_{min} = 410 \text{ lps } (4.43 \text{ m}^3/\text{s})$$



PLANTA MEDIDOR PARSHALL

ACOTAMIENTO EN PIES



CORTE A - A'

ACOTAMIENTO EN PIES

FIGURA VIII-2.- Medidas del Medidor Parshall

Para determinar los tirantes (Ha) máximos y mínimos se considera lo siguiente:

$$Q_{\min} = 90 \text{ lps (3.18 ft}^3\text{/seg)}$$

$$Q_{\max} = 410 \text{ lps (14.48 ft}^3\text{/seg)}$$

$$Q = 4 (Ha)^{1.522}$$

$$Ha = \left(\frac{Q}{4} \right)^{0.657}$$

$$Ha_{\min} = \left(\frac{3.18}{4} \right)^{0.657} = 0.86 \text{ ft}$$

$$Ha_{\max} = \left(\frac{14.48}{4} \right)^{0.657} = 2.33 \text{ ft}$$

$$Ha_{\min} = 0.86 \text{ ft} = 26.21 \text{ cm}$$

$$Ha_{\max} = 2.33 \text{ ft} = 71.02 \text{ cm}$$

ESCALON DE ENTRADA

Con el objeto de mantener una velocidad más o menos constante en el desarenador, es importante colocar un escalón de bajada en la entrada del Canal Parshall. El cálculo de la altura del escalón se encuentra en función de la relación de los caudales máximos y mínimos por medio de la ecuación de Babbitt y Baumann.

$$\left(\frac{Q_{m\acute{a}x}}{Q_{m\acute{i}n}} \right) = \left(\frac{1.1 \left(\frac{Q_{m\acute{a}x}}{4} \right)^{0.657} - Z}{1.1 \left(\frac{Q_{m\acute{i}n}}{4} \right)^{0.657} - Z} \right)$$

$$\left(\frac{Q_{m\acute{a}x}}{Q_{m\acute{i}n}} \right) = \left(\frac{14.48 \text{ ft}^3/\text{seg}}{3.18 \text{ ft}^3/\text{seg}} \right) = 4.55$$

$$4.55 = \left(\frac{1.1 \left(\frac{Q_{m\acute{a}x}}{4} \right)^{0.657} - Z}{1.1 \left(\frac{Q_{m\acute{i}n}}{4} \right)^{0.657} - Z} \right)$$

$$4.55 = \left(\frac{1.1 \left(\frac{14.48}{4} \right)^{0.657} - Z}{1.1 \left(\frac{3.18}{4} \right)^{0.657} - Z} \right)$$

$$4.55 = \left(\frac{2.561 - Z}{0.946 - Z} \right)$$

TRAYECTORIA DE SALIDA

$$4.55 (0.946 - Z) = 2.561 - Z$$

El punto en que sale el Canal Parshall de la tubería de descarga libre, es decir, el punto en que el agua sale del canal y al nivel del agua en la tubería de descarga libre del Canal Parshall, es el punto en que H_2 es el coeficiente de 0.7. Por lo tanto, se obtiene la siguiente ecuación:

$$4.304 - 4.55 Z = 2.561 - Z$$

$$4.55 Z - Z = 4.304 - 2.561$$

El punto en que sale el Canal Parshall de la tubería de descarga libre, es el punto en que H_2 es el coeficiente de 0.7. Por lo tanto, se obtiene la siguiente ecuación:

$$3.55 Z = 1.743$$

El punto en que sale el Canal Parshall de la tubería de descarga libre, es el punto en que H_2 es el coeficiente de 0.7. Por lo tanto, se obtiene la siguiente ecuación:

$$Z = \left(\frac{1.743}{3.55} \right) = 0.491 \text{ ft}$$

$$X = 0.6 \text{ mts.} = 0.7 (0.7 \text{ mts.})$$

$$Z = 15 \text{ cm}$$

$$X = 15 \text{ cms}$$

Por lo tanto, es posible calcular la pérdida de carga en el Canal Parshall por medio de la ecuación 2.7 (Azovick), de donde:

$$H_{f, 90^\circ} = 8 \text{ cms}$$

$$H_{f, 45^\circ} = 22 \text{ cms}$$

Por lo tanto, se puede calcular la pérdida de carga en el Canal Parshall por medio de la ecuación 2.7 (Azovick), de donde:

CAPITULO ALFONSO

ESCALON DE SALIDA

Es importante que el Canal Parshall trabaje con descarga libre, es decir, ésta no debe de estar sumergida y el nivel del agua en el canal aguas abajo del Canal Parshall debe ser tal que H_b no sobrepase de 0.7, por tal motivo se colocará un escalón de salida cuyo valor se obtiene de la siguiente ecuación:

$$X = H_3 - 0.7 H$$

Donde:

X = Escalón de Salida.

H_3 = Tirante del agua después del Medidor Parshall = 0.6 mts. (Obtenido del tirante del canal de entrada cuya sección sera la misma).

H = Tirante del agua sobre el Medidor Parshall obtenido de la Tabla 29-4 (Azevedo) para un gasto máximo de 410 lps. = 0.7 mts.

$$X = 0.6 \text{ mts} - 0.7 (0.7 \text{ mts. })$$

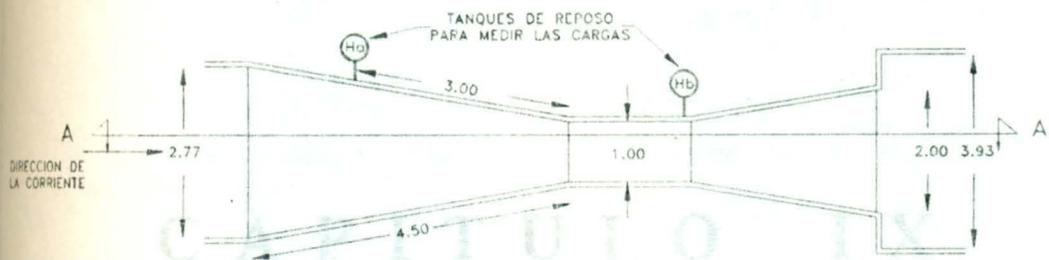
$$X \approx 30 \text{ cms}$$

Por otro lado, es posible conocer la pérdida de carga en el Canal Parshall por medio de la gráfica 29-9 (Azevedo), de donde:

$$hf (90 \text{ lps }) = 8 \text{ cms.}$$

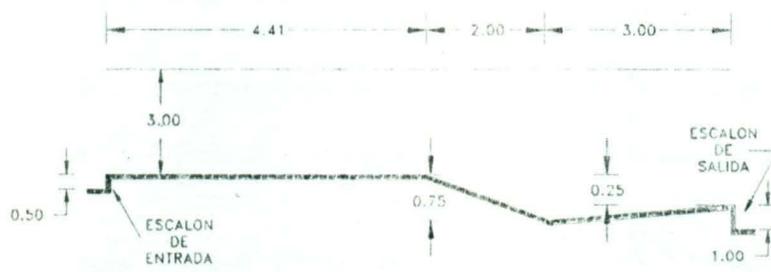
$$hf (410 \text{ lps }) = 22 \text{ cms.}$$

Para las lecturas del tirante H_b , se ha previsto la instalación de un limnógrafo en un pozo aquietador, colocado a $2/3$ de A , éste deberá ser leído con una frecuencia a establecerse y llevarse un registro al igual que en el vertedor de control a la salida de los filtros. Igualmente se ha previsto otro pozo aquietador a la altura de H_b , para tener simplemente una medición de la inmersión.



PLANTA MEDIDOR PARSHALL

ACOTAMIENTO EN PIES



CORTE A - A'

ACOTAMIENTO EN PIES

FIGURA VIII-3.- Escalones de Entrada y Salida del Canal Parshall

DESARENADOR

Los desarenadores, tienen por objeto separar la arena y la grava de los materiales más ligeros y floculantes.

La arena, incluso la de pequeña granulometría, desgasta las bombas y los conductos a presión y dificulta la eliminación y digestión de los lodos separados en los tanques de sedimentación. Hay que separar la arena por sedimentación antes de que las aguas pasen a las bombas y a los clarificadores. Para ello, se reduce la velocidad de circulación hasta un valor de 0.3 m/s aproximadamente, con el fin de separar las partículas de arena de diámetro superior a 0.2 mm.

Existen varios tipos de desarenadores:

- ◆ De circulación horizontal, o desarenadores longitudinales.
- ◆ De circulación vertical ascendente, o desarenadores profundos.

Tratándose de aguas residuales industriales, se utilizan más los desarenadores longitudinales, pues son de más fácil construcción y su mantenimiento es muy sencillo. Son muy adecuados en el caso de caudales sometidos a grandes oscilaciones.

Los desarenadores longitudinales consisten en un canal de poca profundidad, de tal modo que la velocidad de circulación no supere la cifra antes mencionada de 0.3 m/s. El período de retención varía entre 20 y 60 segundos. Las variaciones de caudal y, por lo tanto, la velocidad de circulación pueden compensarse dando al canal una sección decreciente o trapezoidal, o bien instalando a la salida del desarenador un tabique de hierro laminado, sumergido en la corriente, que permite modificar su posición, regulándose de este modo la velocidad de paso por el desarenador. Cuando las variaciones de caudal son muy fuertes, la solución más adecuada consiste en montar varios canales en paralelo, con objeto de que puedan ir entrando en servicio según las necesidades.

Cuando se trata de caudales pequeños, suelen instalarse 2 canales, con objeto de eliminar la arena de un canal mientras el otro se encuentra en servicio.

Cuando se trata de caudales muy grandes, con elevados contenidos de arena se suelen sedimentar juntas la arena y la materia orgánica, y esta última se separa posteriormente.

Cuando los volúmenes de aguas residuales son inferiores a 7 lps también se obtienen buenos resultados con los ciclones, que separan la arena de los materiales sedimentables de densidad muy superior a la del agua.

Por regla general, la arena se almacena inclinando el fondo de la cámara de modo tal, que la diferencia de cotas entre la entrada y la salida sea de 20 a 50 cms.

En las plantas pequeñas, los sólidos acumulados se eliminan a mano o por arrastre con agua hasta un área de evacuación. En las grandes, siempre se cuenta con algún dispositivo mecánico de eliminación continua.

Por regla general, las arenas separadas en los desarenadores contienen algo de materia orgánica que, al descomponerse, produce olores desagradables. Con objeto de facilitar su evacuación, puede recurrirse al lavado, para obtener una arena prácticamente exenta de materia orgánica y un agua de lavado que se recicla a la corriente de aguas residuales.

Los desarenadores de limpieza a mano, deben limpiarse cuando las arenas depositadas ocupen el 50 % aproximadamente del espacio de almacenamiento. En los que cuentan con un sistema de limpieza mecánico, conviene seguir las recomendaciones de los fabricantes.

La velocidad de la corriente se reduce en los desarenadores hasta un punto en el cual pueden depositarse por gravedad las partículas pesadas de 0,1 a 0,2 mm de diámetro y mayores. Estas partículas no sólo alteran el funcionamiento de las instalaciones de entrada y salida de los depósitos de sedimentación, sino que también perjudican a los digestores provocando en ellos la formación de masas duras de barro.

Resulta difícil mantener constante la velocidad de la corriente, ya que la cantidad de agua residual que fluye es variable. En algunos desarenadores se hace disminuir la sección de paso proporcionalmente al crecimiento de la arena depositada. Además, los granos de arena llevan con frecuencia materia orgánica adherida que puede ser causa de olor desagradable en la capa sedimentada cuando ésta no se retira con mucha frecuencia.

Desarenadores Planos

El agua atraviesa este tipo de canal en sentido horizontal. La velocidad necesaria para la sedimentación de la arena es de unos 0,3 m/s (0,25 a 0,35 m/s) y se alcanza aumentando la sección.

El cálculo numérico se efectuará para un gasto de 300 lps. Para evitar que descienda el nivel de agua al aumentar la sección, se dispone antes y después del desarenador un trayecto de estabilización de 3 a 5 m con sección y pendiente constante. La longitud útil del propio desarenador será exactamente horizontal. De este modo, según las reglas para cálculo de líneas de nivel, el nivel en el colector es prácticamente el mismo que en el canal antes y después de éste. La longitud útil debe ser tal que el punto final de las curvas de sedimentación de los granos caiga dentro de ella.

Durante la época de sequía y en la medida en que sea necesario se limpiará cada uno de los canales del desarenador aislándolo previamente con una compuerta. Por lo tanto el desarenador debe tener por lo menos dos canales.

Cantidades de Arena

La cantidad de arena variará mucho de un lugar a otro, según el tipo del sistema de alcantarillado, características de la zona de desagüe, estado de las alcantarillas, tipo de residuos industriales, etc.

El examen de diversas plantas de tratamiento indica que la cantidad de arena eliminada de las aguas residuales puede oscilar desde valores muy bajos como 1.5 lts/100 m³ hasta un valor mayor de 150 lts/100 m³ de agua tratada, actualmente la cantidad de arena que se está extrayendo en AIMSU se encuentra alrededor de 2 lts/100 m³.

Operación

CAPÍTULO III DEL DESARENADOR

Cuando se usen desarenadores con limpieza manual, estos deben tener mantenimiento:

- a).- Después de cada temporal.
- b).- Cuando las arenas llenen de un 50 a un 60% del espacio de almacenamiento.
- c).- Si existe un marcado olor, lo cual significa que se está depositando la materia orgánica.
- d).- Si los lodos del tanque de sedimentación son excesivamente ricos en materia inorgánica.
- e).- Si es demasiado grande la carga en los desmenuzadores.

Todas estas características nos indican un funcionamiento deficiente del desarenador y debe llevarse a cabo un estudio de dicha unidad.

Cuando se usen unidades de limpieza mecánica, deben limpiarse a intervalos regulares, para evitar una carga indebida sobre el mecanismo limpiador.

CALCULOS DEL DESARENADOR

En nuestro caso utilizamos el Medidor Parshall como dispositivo para controlar la velocidad del desarenador. De acuerdo al diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento, el Desarenador se encuentra antes del Medidor. Sin embargo, se debe calcular primero el Medidor Parshall para tener conocimiento del tirante en el canal, el cuál está influenciado por éste.

El tirante aguas arriba del Medidor Parshall se determina a partir de la ecuación...

$$d = 1.1 \left(\frac{Q}{4} \right)^{0.657} - Z$$

$$d_{m\acute{a}x.} = 1.1 \left(\frac{14.48 \text{ ft}^3/\text{seg}}{4} \right)^{0.657} - 0.491 \text{ ft} = 2.07 \text{ ft} \approx 65 \text{ cm}$$

$$d_{m\acute{i}n.} = 1.1 \left(\frac{3.18 \text{ ft}^3/\text{seg}}{4} \right)^{0.657} - 0.491 \text{ ft} = 0.46 \text{ ft} \approx 15 \text{ cm}$$

La Altura Total " HT " del desarenador esta dada por...

$$HT = d_{m\acute{a}x} + \text{Bordo Libre}$$

y suponiendo un Bordo Libre de 35 cm tenemos:

$$HT = 65 \text{ cm.} + 35 \text{ cm.}$$

$$HT = 100 \text{ cm.} = 1.00 \text{ m.}$$

Se construirá un chaflán de 10 cm a 45°, el cual generará un pequeño incremento en el tirante que no influye en las dimensiones del canal dada la magnitud del bordo libre seleccionado, también se colocará una cámara de arena de 5 cm.

Se construirá un conjunto de dos desarenadores de tipo canal con el fin de facilitar el mantenimiento y limpieza de los mismos.

En la figura IX-1 se muestra una vista de planta del conjunto de desarenadores.

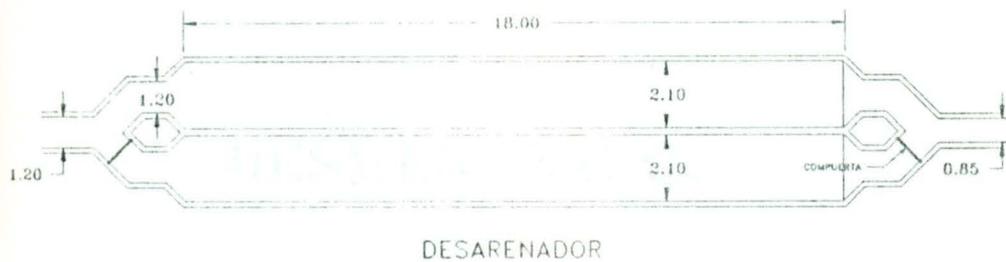


FIGURA IX-1.- Conjunto de Desarenadores

CAPITULO X

DESMENUZADOR

CAPITULO ALFONSINA

DESMENUZADORES

A fin de mejorar las operaciones y procesos situados aguas abajo y para evitar los problemas causados por los sólidos de diversos tamaños presentes en el agua residual, a menudo se procede a triturarlos hasta lograr un tamaño menor y más uniforme. Los dispositivos utilizados para lograr la trituración de los sólidos del agua residual son los desmenzadores.

A menudo, se utilizan los desmenzadores para triturar los sólidos retenidos en los tamices de tal modo que pueden ser devueltos a la corriente para su eliminación subsiguiente en operaciones y procesos de tratamiento posteriores. Sin embargo, hay una gran divergencia de puntos de vista, sobre la conveniencia de este procedimiento. Hay quien mantiene que una vez que los sólidos han sido separados del agua residual, no deben ser retornados a la planta independientemente de su forma.

Otros sostienen que una vez triturados, los sólidos pueden ser eliminados más fácilmente en los procesos subsiguientes. Cada caso concreto requiere un estudio de las ventajas e inconvenientes de ambos sistemas.

Descripción

A pesar de que actualmente se dispone de desmenzadores producidos por varios fabricantes, el aparato original de este tipo fué desarrollado por el **Chicago Pump Co.** Este desmenzador consta de un tamiz tipo tambor que gira alrededor de un eje vertical provisto de ranuras de 6 mm de abertura en las máquinas pequeñas y 10 mm en las grandes.

El material grueso se hace pasar por un peine fino donde es triturado por los dientes cortantes y barras de corte del tambor giratorio. Las pequeñas partículas trituradas atraviesan las ranuras del tambor y salen por una abertura en el fondo, mediante un sifón invertido hacia el canal aguas abajo.

Dado que estas unidades son completas en sí mismas, no se hace necesario ningún detalle de proyecto. Es preciso consultar los datos y tablas suministrados por los fabricantes para obtener los valores recomendables de dimensiones de los canales, intervalos de capacidad, grados de sumersión aguas arriba y aguas abajo y necesidades energéticas.

CAPÍTULO XI

LA PLANTA DE TRATAMIENTO

CAPITULO XI

IGUALACION DE FLUJO

CAPITULO ALFONSINA

El objetivo de los tanques de igualación es proporcionar un flujo regular a las plantas de tratamiento, independientemente de la capacidad de las plantas de tratamiento. La capacidad de las plantas de tratamiento debe ser suficiente para tratar el flujo de agua residual que se genera en las plantas de tratamiento. La capacidad de las plantas de tratamiento debe ser suficiente para tratar el flujo de agua residual que se genera en las plantas de tratamiento. La capacidad de las plantas de tratamiento debe ser suficiente para tratar el flujo de agua residual que se genera en las plantas de tratamiento.

IGUALACION DE FLUJO

INTRODUCCION Y CONCEPTOS GENERALES

La igualación de flujo en el campo de abastecimiento de agua potable y en el tratamiento de algunas aguas residuales industriales, es una práctica común. En la actualidad, las normas de calidad de agua residual tratada y las regulaciones más estrictas, han abierto el interés en la aplicación de esta técnica para el tratamiento de aguas residuales municipales.

Es bien sabido, que casi todas las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales procesan gastos muy variables, y que las aguas residuales tienen flujos de naturaleza cíclica en términos de volumen y carga. También se sabe, que los procesos físicos, químicos y biológicos que operan en condiciones casi uniformes, tienen una mejor eficiencia, confiabilidad y control.

El objetivo principal de los tanques de igualación en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, es simplemente uniformizar la variación de flujo diario para obtener un flujo constante o casi constante a través del sistema de tratamiento. Como objetivo secundario, al homogenizar el agua residual en el tanque de igualación, se obtiene una alimentación de carga orgánica más uniforme y una mejor distribución de nutrientes y otros constituyentes suspendidos y disueltos. Cumpliendo estos objetivos, la igualación de flujo puede mejorar significativamente la operación de una instalación de tratamiento existente, siendo una técnica muy útil para aumentar la eficiencia de operación. En el caso del diseño de una planta nueva, la igualación de flujo puede reducir el tamaño requerido de las instalaciones, ya que el procedimiento proporciona la técnica, para obtener una operación óptima bajo condiciones de flujo y carga ideales. Su relativo bajo costo, también lo hace atractivo para mejorar una planta sobrecargada.

El aumento de flujo en temporadas de lluvia en los drenajes sanitarios, es la suma de dos componentes, la infiltración y el flujo normal de la red de drenaje. En algunos casos, dependiendo de su magnitud y duración, es posible igualar el flujo de tormenta. La infiltración de aguas freáticas raramente se puede igualar. La igualación de flujos de tormenta en drenajes combinados, generalmente requiere tanques de almacenamiento muy grandes.

El diseño de los tanques de igualación para estos tipos de flujo, requiere de un conocimiento especial del sistema de recolección, de los ciclos de precipitación, de la topografía y de otros factores no directamente relacionados al tratamiento de aguas residuales. Estrictamente hablando, los flujos de igualación de tormentas y de drenajes combinados, no se pueden considerar como una técnica de mejoramiento en el tratamiento de aguas residuales, y el diseño de esas instalaciones está más allá del enfoque de este trabajo. Sin embargo, los conceptos que se presentan para igualación de flujos normales en las redes de drenaje, generalmente son aplicables a la igualación de flujos de tormenta y de aguas residuales combinadas.

Los tanques de igualación, normalmente deben localizarse al principio de las instalaciones de tratamiento; preferiblemente aguas abajo de las instalaciones de pretratamiento como rejillas, desarenadores y desmenuzadores. Se debe proporcionar una aereación y mezclado adecuados, para mantener los tanques en condiciones aeróbicas y prevenir el depósito de sólidos.

A veces es deseable localizar los tanques de igualación en puntos estratégicos dentro del sistema de recolección. Esto ofrece la ventaja adicional de aliviar las sobrecargas del sistema de drenaje durante los períodos de flujo pico; sin embargo, crea la necesidad de instalaciones de bombeo, por lo que su localización en estos casos, será mejor donde ya existen estos equipos.

Los tanques de igualación se pueden diseñar como unidades en línea o en paralelo. En el diseño en línea, todo el flujo pasa a través del tanque de igualación, lo que da como resultado una uniformidad significativa de la concentración de cargas y del flujo. En el diseño en paralelo, solamente la porción de flujo arriba del promedio diario, es enviada al tanque de igualación, lo que minimiza los requisitos de bombeo pero hace menos efectiva la homogenización de las cargas.

Para construcciones nuevas y para mejorar plantas grandes, se recomienda construir tanques múltiples o con compartimientos. Esto de la flexibilidad necesaria para vaciar una parte de la instalación, cuando se requiera de mantenimiento o reparación de algún equipo, sin dejar de proporcionar alguna igualación de flujo.

Donde se requieren tanques para almacenamiento e igualación de flujos de tormenta; los tanques con compartimientos, permiten la utilización de una porción de los mismos para la igualación de los flujos normales. Las instalaciones con un sólo tanque se pueden utilizar para plantas pequeñas, requiriéndose en estos casos de instalaciones de vaciado y de una línea de bypass, para permitir que la porción aguas abajo de la planta, opere sin igualación cuando el tanque esté fuera de servicio.

CAPITULO ALFONSINA

BENEFICIOS DE LA IGUALACION DE FLUJO

La Igualación de Flujo tiene un impacto positivo en todos los procesos de tratamiento, desde el tratamiento primario hasta los tratamientos avanzados.

Impacto en la Sedimentación Primaria

El impacto más benéfico en la sedimentación primaria, es la reducción de sobrecargas debidas a flujos pico, dando como resultado una mejor eficiencia y una calidad de efluente primario más uniforme. La igualación de flujo permite el dimensionamiento de los clarificadores, basado en flujos uniformes en lugar de flujos pico. En un sedimentador primario que está hidráulicamente sobrecargado durante períodos de flujo pico, la igualación de flujo puede reducir al máximo esta sobrecarga para llevarla a niveles aceptables, ya que una alimentación constante evita perturbaciones hidráulicas creadas por cambios repentinos de flujo.

Esta demostrado que una preaeración del agua residual cruda puede mejorar significativamente la sedimentación primaria, debido al incremento de las características de floculación producidas por la pre-floculación de los sólidos suspendidos. Para obtener este beneficio adicional, es recomendable la utilización de tanques de igualación aerados, aunque en algunos casos en los que usan bombas centrífugas para alimentación a los sedimentadores, este beneficio se puede ver reducido, debido al rompimiento del floc que provocan estos equipos.

Impacto en el Tratamiento Biológico

En contraste al tratamiento primario y otros procesos físicos, en los que la homogenización de la concentración de sólidos y cargas orgánicas es de menor beneficio; la operación de un tratamiento biológico puede beneficiarse de manera significativa, por la homogenización de sólidos y cargas, así como por la igualación hidráulica del flujo. La homogenización de sólidos y cargas puede proteger al tratamiento biológico de perturbaciones o fallas por cargas choque de tóxicos o sustancias inhibitoras. Por lo anterior, para aplicaciones en tratamiento biológico, los tanques de igualación en línea son más recomendables que los tanques en paralelo.

El efecto en la igualación de flujo y la homogenización de cargas, es mucho más significativo, donde existen variaciones de masa orgánica extremas, y donde se reciben altas cargas de flujos industriales de corta duración, ya que se mejora la operación de los reactores biológicos, en donde los equipos de aereación se encuentren trabajando en forma marginal o inadecuadamente, para satisfacer las demandas de oxígeno ocasionadas por cargas pico.

El pH óptimo para un buen crecimiento bacteriano está entre 6.5 y 7.5. La igualación de flujo en línea, proporciona medios efectivos para mantener un pH estabilizado dentro de este rango.

Con la igualación de flujo en el proceso de lodos activados, se tiene el beneficio adicional de la estabilización de las cargas de sólidos en el clarificador final y se pueden esperar aún mejores resultados de operación y eficiencia que en la sedimentación primaria. Lo anterior se refleja en los siguientes dos aspectos:

- ◆ La concentración de Sólidos Suspendidos en el Licor Mezclado (SSSM) se puede aumentar para bajar la relación alimento-microorganismos (F/M) e incrementar el Tiempo de Retención de Sólidos (TRS). Esto da como resultado un incremento en el nivel de nitrificación y una disminución en la producción de sólidos biológicos.
- ◆ Las fluctuaciones diarias en el nivel de la cama de lodos del clarificador final se reducirán, evitando potencialmente el escape de sólidos provocado por las altas velocidades en la zona de efluentes del vertedor de salida.

Beneficios Misceláneos.

La preaereación mejora la tratabilidad del agua residual cruda, creando un potencial positivo de oxidación-reducción, que disminuye el grado de oxidación requerido en las etapas subsecuentes de tratamiento. Se ha comprobado, que la utilización de tanques aereados de igualación en línea para aguas residuales crudas, proporciona una reducción de un 10 a un 20% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅). El grado de reducción obtenida, dependerá del tiempo de retención en el tanque, la cantidad de aereación proporcionada, la temperatura del agua residual y otros factores.

DETERMINACION DE LOS REQUISITOS DE IGUALACION

El diseño de un tanque de igualación, requiere de la evaluación y selección de un buen número de aspectos:

- * Tanque en línea o en paralelo.
- * Volumen del tanque.
- * Grado y número de compartimientos.
- * Tipo de construcción (En el terreno natural, concreto, acero).
- * Equipo de aereación y mezclado.
- * Bombeo y control.
- * Ubicación en el Sistema de Tratamiento.

Las decisiones de diseño deben estar basadas en la naturaleza y tamaño del proceso de tratamiento utilizado, los beneficios descados y las condiciones y restricciones del sitio.

CAPITULO ALFONSSINA

DETERMINACION DEL VOLUMEN REQUERIDO

Existen dos métodos para calcular el volumen de igualación. Un procedimiento está basado en el patrón característico de flujo diario. En este caso, la función del tanque es almacenar los flujos excedentes del flujo promedio diario y descargarlos cuando el flujo sea menor que el promedio. El volumen se puede determinar gráficamente por medio de un hidrógrafo. El otro procedimiento está basado en el patrón de carga de un parámetro particular. En este último método, se calcula el volumen requerido para homogenizar las variaciones de carga del constituyente dentro de un rango aceptable.

Puesto que el primer objetivo de la igualación de flujo en el tratamiento de aguas residuales es igualar el flujo hidráulico, la determinación del volumen de igualación deberá basarse en el hidrógrafo. Una vez que se ha determinado el volumen para igualar el flujo, se puede estimar el efecto de la homogenización sobre la concentración y carga de masa.

El primer paso de diseño es la determinación del patrón diario de flujo. Siempre que sea posible, deberá estar basado en datos reales de la planta. Es importante notar que el patrón diario variará día con día, de entre semana a fin de semana y también de estación a estación. El patrón elegido, debe proporcionar un diseño de tanque lo suficientemente grande, para igualar de manera efectiva los flujos normales incluyendo los picos. Las Tablas XI-2, XI-3 y XI-4 nos muestran los patrones de flujo típico cada media hora para esta Planta de Tratamiento de Aguas Residuales durante los días más críticos que se observaron durante el invierno y verano de 1993 así como también para el invierno de 1994.

Para determinar este volumen se realizó un programa con una hoja de cálculo la cual se muestra en la Tabla XI-1. El volumen se determinó de la siguiente manera, la hoja de cálculo cuenta con 6 columnas de las cuales están distribuidas de la siguiente forma:

1ª Columna.- Hora en el cual se tomó la lectura, para este caso fué cada 30 minutos.

2ª Columna.- Gasto en litros por segundo presentado cada 30 minutos.

3ª Columna.- Volumen que llega al tanque regulador en m³ durante un intervalo de 30 minutos obtenido con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen en m}^3 = \frac{(\text{Gasto en lps}) (60 \text{ seg/min}) (30 \text{ min})}{1000 \text{ lts/m}^3}$$

4ª Columna.- Volumen que sale del tanque regulador en m³ durante un intervalo de 30 minutos obtenido con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen en m}^3 = \frac{(\text{Gasto prom.}) (60 \text{ seg/min}) (30 \text{ min})}{1000 \text{ lts/m}^3}$$

5ª Columna.- Diferencia obtenida de la siguiente manera:

$$\text{Diferencia en m}^3 = \text{Columna 3} - \text{columna 4}$$

6ª Columna.- Acumulado en m³ obtenido de la 5ª Columna.

El volumen se obtiene sumando el valor máximo positivo más el valor máximo negativo y el resultado es el volumen del tanque.

El volumen real del tanque de igualación debe ser más grande que el obtenido por cualquier método por varias razones:

- * La operación continua del equipo de aereación y mezclado no permite un vaciado completo del tanque.
- * Se debe considerar un volumen adicional para almacenar los flujos de reciclaje de la planta.
- * Se debe considerar un volumen de contingencias para cambios imprevistos del flujo diario.

El volumen final seleccionado deberá incluir todas las consideraciones mencionadas, además de las consideraciones que dependerán propiamente de la geometría y características del Tanque Igualador. Pero también tendremos que tomar muy en cuenta que el flujo que llega a la Planta de Tratamiento no viene totalmente de una Red de Drenaje Sanitario sino que se toma una parte de la red por medio de válvulas de los colectores "La Cloaca" y "El Bosque" por lo que tenemos la oportunidad de disminuir un poco el volumen del Tanque Regulador ya que este puede ser controlado. De acuerdo al volumen máximo que obtuvimos de 2,607 m³ perteneciente al 24 de Enero de 1993, a pláticas que se tuvieron con los Industriales y también tomando en cuenta la cantidad de agua que solicitarán dichas Industrias se optó por construir un tanque de 2,000 m³.

TABLA XI-I
EJEMPLO DE CALCULO DE UN TANQUE REGULADOR
PARA EL 4 DE ENERO DE 1993
Fuente: Agua Industrial de Monterrey S. de U.

DISEÑO DE UN TANQUE REGULADOR					
1ª Col.	2ª Col.	3ª Col.	4ª Col.	5ª Col.	6ª Col.
Hora	Gasto lps	Volumen que llega en 30'(m ³)	Volumen que sale en 30'(m ³)	Diferencia m ³	Acumulado
0:30	192	345.60	- 360.49	- 14.89	- 14.89
1:00	200	360.00	- 360.49	- 0.49	- 15.38
1:30	191	343.80	- 360.49	- 16.69	- 32.06
2:00	175	315.00	- 360.49	- 45.49	- 77.55
2:30	170	306.00	- 360.49	- 54.49	- 132.04
3:00	162	291.60	- 360.49	- 68.89	- 200.93
3:30	120	216.00	- 360.49	-144.49	- 345.41
4:00	180	324.00	- 360.49	- 36.49	- 381.90
4:30	145	261.00	- 360.49	- 99.49	- 481.39
5:00	120	216.00	- 360.49	-144.49	- 625.88
5:30	118	212.40	- 360.49	-148.09	- 773.96
6:00	138	248.40	- 360.49	-112.09	- 886.05
6:30	132	237.60	- 360.49	-122.89	-1008.94
7:00	160	288.00	- 360.49	- 72.49	-1081.43
7:30	220	396.00	- 360.49	35.51	-1045.91
8:00	130	234.00	- 360.49	-126.49	-1172.40
8:30	173	311.40	- 360.49	- 49.09	-1221.49
9:00	197	354.60	- 360.49	- 5.89	-1227.38
9:30	280	504.00	- 360.49	143.51	-1083.86
10:00	246	432.00	- 360.49	71.51	-1012.35
10:30	290	522.00	- 360.49	161.51	- 850.84
11:00	250	450.00	- 360.49	89.51	- 761.33
11:30	250	450.00	- 360.49	89.51	- 671.81
12:00	220	396.00	- 360.49	35.51	- 636.30
12:30	217	390.60	- 360.49	30.11	- 606.19
13:00	213	383.40	- 360.49	22.91	- 583.28
13:30	205	369.00	- 360.49	8.51	- 574.76
14:00	215	387.00	- 360.49	26.51	- 548.25
14:30	222	399.60	- 360.49	39.11	- 509.14
15:00	250	450.00	- 360.49	89.51	- 419.63
15:30	220	396.00	- 360.49	35.51	- 384.11
16:00	200	360.00	- 360.49	- 0.49	- 384.60
16:30	210	378.00	- 360.49	17.51	- 367.09
17:00	210	378.00	- 360.49	17.51	- 349.58
17:30	200	360.00	- 360.49	- 0.49	- 350.06
18:00	190	342.00	- 360.49	- 18.49	- 368.55
18:30	230	414.00	- 360.49	53.51	- 315.04
19:00	265	477.00	- 360.49	116.51	- 198.53
19:30	295	531.00	- 360.49	170.51	- 28.01
20:00	200	360.00	- 360.49	- 0.49	- 28.50
20:30	155	279.00	- 360.49	- 81.49	- 109.99
21:00	210	378.00	- 360.49	17.51	- 92.48
21:30	220	396.00	- 360.49	35.51	- 56.96
22:00	218	392.40	- 360.49	31.91	- 25.05
22:30	210	378.00	- 360.49	17.51	- 7.54
23:00	205	369.00	- 360.49	8.51	0.97
23:30	200	360.00	- 360.49	- 0.49	0.49
24:00	200	360.00	- 360.49	- 0.49	0.00
Prom.	200				

Volumen = 0.97 + 1227.38 = 1228.35 m³.

CAPITULO ALFONSO

TABLA XI-2
DETERMINACIONES DEL VOLUMEN REQUERIDO DEL TANQUE REGULADOR
PARA EL INVIERNO DE 1993

Fuente: Agua Industrial de Monterrey S. de U.

GASTO EN LPS								
hora	29-Dic	1-Ene	4-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	21-Ene	24-Ene
0:30	290	210	192	210	140	185	120	235
1:00	275	250	200	200	185	185	210	220
1:30	300	230	191	200	140	220	240	210
2:00	470	220	175	200	120	217	230	210
2:30	320	220	170	180	100	160	220	220
3:00	220	120	162	190	118	200	220	195
3:30	250	120	120	148	120	120	200	190
4:00	235	130	180	160	90	130	185	165
4:30	190	100	145	147	83	125	170	150
5:00	80	50	120	160	100	190	170	180
5:30	60	30	118	155	90	200	190	150
6:00	110	25	138	160	100	165	180	175
6:30	70	20	132	165	115	180	175	200
7:00	80	30	160	200	170	190	210	190
7:30	90	30	220	380	210	190	170	205
8:00	120	18	130	250	210	148	190	250
8:30	130	14	173	250	200	195	210	290
9:00	160	12	197	350	210	200	210	300
9:30	200	10	280	210	230	220	250	320
10:00	200	10	240	220	210	210	250	300
10:30	240	30	290	225	220	200	230	300
11:00	280	130	250	220	205	210	210	320
11:30	290	160	250	235	238	215	240	350
12:00	300	260	220	220	210	260	250	340
12:30	300	290	217	235	215	200	230	370
13:00	250	280	213	300	208	220	290	340
13:30	220	200	205	270	240	220	320	340
14:00	212	220	215	310	220	220	270	350
14:30	212	210	222	290	215	212	330	330
15:00	220	200	250	240	220	210	340	340
15:30	250	205	220	220	220	210	310	320
16:00	250	205	200	290	210	220	280	305
16:30	210	160	210	350	210	230	295	270
17:00	210	100	210	315	300	220	290	350
17:30	230	98	200	295	290	210	270	310
18:00	190	90	190	260	310	210	360	330
18:30	200	130	230	230	300	200	310	390
19:00	210	110	265	220	240	250	330	405
19:30	170	95	295	320	300	300	300	350
20:00	220	100	200	260	305	315	330	315
20:30	360	80	155	240	260	310	280	340
21:00	300	100	210	250	250	325	200	400
21:30	230	130	220	245	240	270	130	370
22:00	230	130	218	230	220	230	130	380
22:30	210	110	210	220	200	220	118	320
23:00	180	200	205	210	180	190	120	310
23:30	200	270	200	225	200	180	122	270
24:00	230	200	200	218	150	200	150	310
Prom.	218	132	200	233	198	210	230	287
Vol.	2,022	2,461	1,228	1,524	2,105	1,159	2,299	2,607

TABLA XI-3
DETERMINACIONES DEL VOLUMEN REQUERIDO DEL TANQUE REGULADOR
PARA EL VERANO DE 1993

Fuente: Agua Industrial de Monterrey S. de U.

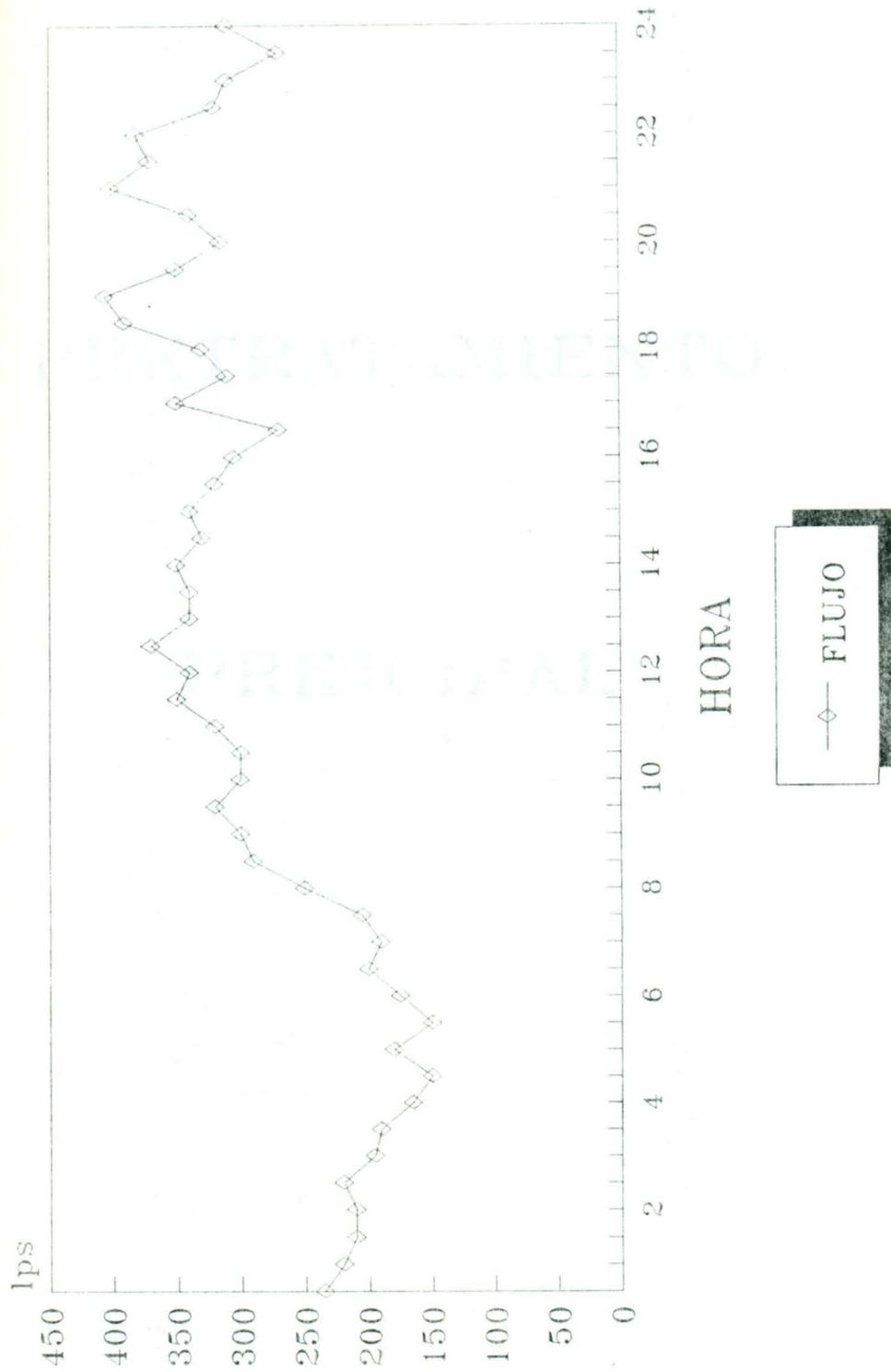
GASTO EN LPS								
hora	25-Jul	23-Jul	18-Jul	12-Jul	10-Jul	8-Jul	5-Jul	29-Jun
0:30	260	279	260	250	200	365	240	110
1:00	225	300	235	250	200	370	310	260
1:30	200	250	250	255	170	365	280	240
2:00	210	260	180	280	210	360	250	250
2:30	220	260	180	240	230	360	230	235
3:00	213	230	180	215	275	370	210	225
3:30	205	225	190	200	265	450	210	230
4:00	220	260	165	250	230	300	210	255
4:30	180	175	160	220	190	260	215	250
5:00	192	200	180	190	210	110	230	280
5:30	197	200	185	190	180	97	215	270
6:00	220	200	220	190	210	95	200	180
6:30	205	210	320	230	260	100	150	150
7:00	240	200	250	290	290	108	240	160
7:30	310	330	400	300	340	160	270	210
8:00	310	250	300	190	250	230	230	250
8:30	305	220	270	230	270	275	280	290
9:00	345	230	310	300	310	280	300	265
9:30	350	260	260	260	410	290	290	320
10:00	355	350	270	290	360	310	270	310
10:30	300	300	270	340	360	290	300	278
11:00	280	270	270	350	350	295	320	290
11:30	290	280	280	330	345	300	300	275
12:00	275	300	320	350	350	310	280	290
12:30	200	310	290	340	350	300	280	280
13:00	200	320	200	350	355	310	290	273
13:30	185	320	190	320	355	290	290	270
14:00	175	340	190	320	355	290	290	250
14:30	140	340	160	300	350	280	280	230
15:00	130	400	200	320	300	270	270	210
15:30	112	300	110	315	295	275	250	190
16:00	140	290	100	255	300	250	280	190
16:30	250	275	160	300	270	260	200	200
17:00	240	250	200	350	400	295	190	250
17:30	280	250	200	340	330	280	210	325
18:00	335	330	190	320	220	300	180	240
18:30	330	330	160	310	320	275	200	220
19:00	340	340	190	305	350	280	210	290
19:30	300	320	225	335	350	320	197	310
20:00	350	290	242	310	305	310	180	310
20:30	300	280	260	285	280	300	270	280
21:00	270	270	260	305	290	290	330	280
21:30	250	255	335	310	260	220	340	270
22:00	240	280	315	305	240	212	325	180
22:30	235	300	300	200	250	212	280	170
23:00	215	240	265	200	250	215	200	160
23:30	270	180	230	200	195	180	120	130
24:00	315	350	220	278	198	340	260	127
Prom.	248	275	230	279	284	271	249	240
Vol.	1,276	1,333	1,396	1,821	2,112	1,813	1,058	1,301

TABLA XI-4
DETERMINACIONES DEL VOLUMEN REQUERIDO DEL TANQUE REGULADOR
PARA EL INVIERNO DE 1994

Fuente: Agua Industrial de Monterrey S. de U.

GASTO EN LPS								
hora	30-Dic	6-Ene	13-Ene	17-Ene	20-Ene	21-Ene	23-Ene	25-Ene
0:30	90	140	150	320	140	138	105	73
1:00	75	170	180	270	142	168	115	85
1:30	70	100	142	155	110	162	92	60
2:00	80	70	135	168	100	152	90	52
2:30	73	75	195	160	90	180	80	88
3:00	50	90	140	170	70	150	75	96
3:30	50	100	135	155	100	118	100	90
4:00	80	70	142	145	100	140	85	85
4:30	80	100	138	150	185	100	80	100
5:00	70	120	140	148	200	100	100	100
5:30	75	95	130	128	400	120	105	90
6:00	93	70	120	60	130	115	150	90
6:30	110	85	220	67	180	200	150	88
7:00	140	145	142	100	115	260	158	88
7:30	160	185	194	115	130	220	128	91
8:00	175	180	180	155	170	200	150	80
8:30	180	170	130	145	180	250	150	180
9:00	260	170	160	170	170	230	115	160
9:30	270	165	165	180	170	235	88	170
10:00	260	180	185	160	220	240	115	150
10:30	260	220	185	90	230	222	150	175
11:00	255	180	190	70	220	220	170	160
11:30	245	178	168	70	220	230	150	163
12:00	255	180	162	90	210	235	155	190
12:30	260	185	168	80	250	270	170	310
13:00	240	250	245	220	270	450	180	200
13:30	250	330	230	260	270	130	180	230
14:00	150	260	228	270	290	110	180	250
14:30	120	260	260	250	280	130	160	210
15:00	95	245	235	235	275	80	160	208
15:30	135	182	250	450	285	200	175	170
16:00	150	170	210	240	273	70	165	140
16:30	90	175	220	270	350	100	150	175
17:00	90	170	220	350	270	220	170	175
17:30	90	250	200	220	263	230	170	175
18:00	135	240	300	200	230	250	170	100
18:30	175	235	210	230	250	250	135	100
19:00	165	240	225	225	235	240	110	90
19:30	140	233	260	250	230	400	85	80
20:00	90	245	250	220	190	400	280	83
20:30	100	173	225	180	190	330	100	80
21:00	120	150	165	185	160	350	90	78
21:30	140	140	145	70	150	350	86	80
22:00	170	128	120	75	130	310	89	97
22:30	185	160	90	85	150	300	68	90
23:00	200	210	90	62	320	250	100	150
23:30	55	160	120	50	90	150	140	83
24:00	85	150	190	90	130	140	100	80
Prom.	143	170	181	171	198	212	131	132
Vol.	2,181	1,891	1,572	2,426	2,106	2,204	1,227	1,982

FLUJO
DIA MAS CRITICO PERIODO DIC '92-ENE '94



24 DE ENERO DE 1993 (FUENTE : AIMSU)

PRETRATAMIENTO

PRINCIPAL

CAPITULO AL FONDO

PRETRATAMIENTO PRINCIPAL

El Pretratamiento Principal de este Equipo DMS-2 consta de los siguientes:

CAPITULO XII

- 1. Muestreo
- 2. Desecación y Pesado
- 3. Molienda Fina
- 4. Determinación

PRETRATAMIENTO

El Pretratamiento Principal de este Equipo DMS-2 consta de los siguientes: Muestreo, Desecación y Pesado, Molienda Fina y Determinación. El muestreo se realiza en el lugar del Describido Original por medio de un equipo de muestreo tipo "Medidor Ponderal" y posterior a ello al desecación que para el equipo DMS-2 se realiza en un horno a 105°C hasta que el peso del AIMD de muestra trabajada hasta la 100%.

PRINCIPAL

Las principales tareas del Equipo Muestreo y Pesado desde el punto de vista técnico y operacional entre otros, son las siguientes:

CAPITULO AL FRENTE

REJILLA MECÁNICA AUTOMÁTICA

Descripción General

PRETRATAMIENTO PRINCIPAL

La Rejilla Mecánica Automática es una de las etapas del pretratamiento principal de la planta de tratamiento de aguas residuales de AIMSU.

El Pretratamiento Principal de acuerdo a la Figura IV-2 consta de las siguientes unidades:

- ◆ Rejilla Mecánica Automática
- ◆ Muestreador
- ◆ Desarenador y Desgrasador
- ◆ Medidor Parshall
- ◆ Desmenuzador

La Rejilla Mecánica Automática está instalada dentro de un canal de concreto armado. El canal se encuentra en el final del Desarenador y Desgrasador Mecánico con el final del Desarenador Gravitacional por medio de un bypass para así llegar al Medidor Parshall y posteriormente al desmenuzador que para este caso se colocará la misma unidad con la que la Planta de AIMSU ha estado trabajando hasta la fecha.

Las características del Equipo Mecánico que se seleccionó desde el punto de vista técnico y económico entre otros, son las siguientes:

- Profundidad Máxima de los dientes del canal: 0.54 mts.
- Profundidad del Canal: 1.25 mts.
- Banda Libre Mínima: 0.42 mts.

Descripción Técnica

La Rejilla Mecánica Automática es una unidad de acero inoxidable que cubre el canal de concreto y permite el acceso al agua residual al canal de tratamiento de aguas residuales. El mecanismo de operación se basa en el principio de flotación de los sólidos suspendidos en el agua para separarlos de la corriente principal de la rejilla de cribado.

REJILLA MECANICA AUTOMATICA

Descripción General.

La Rejilla Mecánica Automática estará compuesta de los siguientes accesorios:

- ◆ Tablero de Control.
- ◆ Mecanismo Limpiador de Rastrillo.
- ◆ Rejilla para el Cribado.
- ◆ Controles Eléctricos.

Instalación Estructural.

La Rejilla estará instalada dentro de un canal de concreto armado, considerando las siguientes condiciones:

Flujo Máximo	300 lps
Profundidad Máxima de las aguas del canal	0.84 mts.
Ancho del Canal	0.80 mts.
Profundidad del Canal (de concreto)	1.25 mts.
Bordo Libre Mínimo	0.42 mts.

Descripción Mecánica.

La Rejilla estará formada por un armazón fabricado de acero estructural suave, el cual cubrirá el claro del canal de concreto y servirá de acceso, además sostendrá el sistema mecánico del rastrillo apoyándose en las paredes del canal, extendiéndose la corriente hacia ambos lados del canal para proporcionar una base segura a los extremos superiores laterales de la rejilla de cribado.

La propulsión consistirá de un sistema electromecánico de un tamaño necesario para remover los desperdicios de la rejilla y posteriormente depositarlos en un recipiente por medio de un transportador. La armazón se asegurará con pernos y se equipará con un mecanismo de engranes, accionado por una cadena continua para remover el sistema de rastrillo dentro de la rejilla, este movimiento será de 18 ft/min (0.09 m/s).

El mecanismo del rastrillo estará formado por un sistema de descarga frontal en la trayectoria formada por la cadena continua. Este sistema estará construido para carga pesada con partes reemplazables de material plástico para evitar el desgaste de la cadena y evitar el ruido.

En combinación con un sistema de palancas compuestas y de dientes de engrane colocados adecuadamente, el accionamiento de la cadena continua se asegurará al brazo del rastrillo, con lo que se producirá el rastreo requerido. El rastrillo será de acero inoxidable y estará asegurado con pernos al brazo moviéndose verticalmente al fondo del piso. Los dientes del rastrillo entrarán entre las barras de la criba del lado aguas abajo y luego se elevará removiendo los desperdicios de la criba.

El movimiento continuo de la cadena accionará al rastrillo horizontalmente en dirección a contracorriente y al final de este movimiento se logrará la limpieza de alta densidad plástica. Así mismo, los desperdicios de los dientes serán descargados al transportador, la altura para deshacerse de estos desperdicios será de 2.23 m. sobre el fondo del canal.

Cada rejilla será nominalmente de 0.80 mts. de ancho por 1.00 mts. de alto consistiendo de 44 barras de acero inoxidable de 3/8" de espesor, esparcidas 1" de centro a centro. Las barras estarán soldadas a una base de acero inoxidable que se asegura al fondo del canal y se fijará con pernos al armazón de soporte superior.

Todas las partes móviles estarán sobre el nivel del líquido, incluyendo el rastrillo cuando no este trabajando. Se colocará una cubierta que protegerá el mecanismo y la estructura contra la intemperie, fabricada de placa de metal y la parte superior removible para tener acceso al equipo.

Descripción Eléctrica.

El equipo estará formado por controles eléctricos para el sistema de rejillas mecánicas automáticas, incluyendo un tablero de control que estará integrado a la cubierta metálica.

Así mismo, estará formado por un control eléctrico de nivel para montarse en el canal de aguas arriba, el cual arrancará el motor del rastrillo a un nivel de agua previamente determinado. Un interruptor de sobrecarga será parte integral del tablero para cortar el accionamiento del mismo, además en el caso de que accidentalmente ocurriera o se presentará una obstrucción entre la rejilla y el rastrillo, habrá un interruptor de reversa accionando por una llave en el tablero de control. El mecanismo incluirá un motor de 3/4 HP, 23/46 Volts, 60 Hz.

Los componentes básicos del tablero serán:

- 1.- Una cubierta de control NEMA construido de fibra de vidrio.
- 2.- Interruptor de circuito con potencia de 480 VAC con manija externa y aditamentos para candado.
- 3.- Interruptor selector, de paro y arranque.
- 4.- Transformador para control de 129 V.
- 5.- Accionador de reversa del motor con protección contra sobrecargas.
- 6.- Reloj de tiempo para operación a intervalos previamente determinados (incluye conexión para electroniveles).
- 7.- Luz de alarma.
- 8.- Termóstato.
- 9.- Interruptor de emergencia por atascamiento del rastrillo.
- 10.- Interruptor de reversa.

Acabados.

DESARENADOR Y DESGRASADOR

Todas las partes fabricadas con acero estarán galvanizadas por inmersión caliente, de acuerdo con las especificaciones presentadas en las normas estándar ANSI/ASTM, especificación A 123-84.

El Desarenador y Desgrasador deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 1. Soplador con su múltiplo en la zona superior de control y distribución.
- 2. Puentes de limpieza con una bomba sumergible para extracción de arenas acumuladas.
- 3. Sistema de recolección de grasas.
- 4. Controles eléctricos.
- 5. Trampa de grasas.
- 6. Equipos electro-mecánicos.
- 7. Anclajes y pines para cables hidráulicos y eléctricos.

Instalación Estructural.

El tanque para separar las grasas y arenas se instalará en un tanque de concreto con las siguientes condiciones:

Altura del Tanque	18.0 mts.
Ancho de la Sección de Arenas	1.60 mts.
Profundidad de la Sección de Arenas	3.55 mts.
Profundidad de la Sección de Grasas	1.40 mts.
Grado Libre	0.23 mts.
Caudal de Diseño de este Tanque	3000 lps.
Caudal Máximo de Diseño de este Tanque	2500 lps.

CAPÍTULO II

DESARENADOR Y DESGRASADOR

Descripción General.

El Desarenador y Desgrasador estarán compuestos por los siguientes accesorios:

- ◆ Soplador con su múltiple de descarga, válvulas de control y difusores.
- ◆ Puente deslizable con una bomba sumergible para extracción de arenas sedimentadas.
- ◆ Sistema de recolección de grasa.
- ◆ Controles eléctricos.
- ◆ Trampa de grasa.
- ◆ Equipos electromecánicos.
- ◆ Anclajes, soportes para tuberías hidráulicas y eléctricas.

Instalación Estructural.

El equipo para separar las grasas y arenas se instalarán en un tanque de concreto considerando las siguientes condiciones:

Longitud del Tanque	18.0 mts.
Ancho de la Sección de Arenas	1.60 mts.
Profundidad de la Sección de Arenas	3.55 mts.
Ancho de la Sección de Grasas	1.40 mts.
Bordo Libre	0.25 mts.
Caudal de Diseño de cada Tanque	300.0 lps
Caudal Máximo de Diseño de cada Tanque	390.0 lps

Descripción Mecánica.

La línea de distribución de aire será de tubería de acero galvanizado de 4" de diámetro, extendiéndose desde el múltiple de descarga de los sopladores hasta todo lo largo del tanque en la sección de arenas. Dicha línea estará anclada en la parte superior del muro central de la estructura a ambos lados paralelamente y sobre la elevación máxima del agua, y llevará Tee reducción espaciadas uniformemente a 1.8 m. en cada una de las cuales se conectará las vías verticales de 1" de diámetro que conducen aire a los difusores.

Al final de cada una de las líneas de tubería de acero galvanizado se instalarán dos difusores haciendo un total de 26 difusores por sección, además en cada línea se instalará una válvula de compuerta y un cople de unión, los cuales quedarán sobre la superficie del agua. En el extremo del fondo estará colocada una Tee, en la que se enroscarán a cada lado tubos difusores de PVC de 1" de diámetro.

Cada tubo tendrá 30" de longitud y contendrá un mínimo de 15 orificios de 1/8" de diámetro máximo de descarga. Para garantizar la nivelación adecuada de los tubos difusores y por consiguiente la difusión del aire se instalarán dos soportes ajustables para cada línea de difusión, los cuales se anclarán al concreto del fondo del tanque. Los soportes serán de acero galvanizado y los cerrajes de acero electro-galvanizado.

Los puentes deslizables se fabricarán de acero estructural de construcción soldada y se soportarán en los muros de concreto en los compartimientos o secciones de arena mediante ruedas que van en la corona de los muros. Dichos puentes tendrán un pasillo enrejado galvanizado a todo lo largo, además de su correspondiente pasa manos fabricado con tubo doble de 1 1/2" de diámetro con 42" de alto.

Cada puente estará apoyado en ejes dobles uno con dos ruedas simples y el otro con dos ruedas impulsoras. Todos los baleros de las ruedas tendrán una duración calculada de 10 años y tendrán llantas de hule sólido para un mínimo ruido y mantenimiento y un máximo de tracción.

El mecanismo propulsor de cada puente tendrá un motor eléctrico de 0.2 HP y para energizarlo se contará con un conducto de 8 cables y 14 conexiones, las cuales servirán para energizar también el motor de la bomba para extracción de arenas sedimentadas. Dicha bomba será del tipo centrífuga sumergible de una capacidad de 7.5 lps y estará montada de una manera tal que se puede elevar o bajar a su posición de trabajo mediante la carga manual.

Para separar la sección de grasas de la de arenas se instalarán 270 deflectores de PVC de 1/2" x 4" anclados con herrajes de acero galvanizado.

El sistema de recolección/remoción de grasa comprende una hoja desnatadora sostenida por una viga de acero en cantiliver extendida desde el puente deslizante. Dicha hoja estará parcialmente sumergida en la superficie del agua en la sección de grasas cuando su función sea recolectar y se elevará sobre la superficie al deslizarse el puente en la dirección contraria.

En cada extremo de la hoja desnatadora en la parte pegada a los muros de concreto tendrá escobillas flexibles para evitar que la grasa o nata se escapen por el intersticio en las paredes laterales.

El sistema de recolección y remoción de grasa comprende también una charola recolectora que eleve de su posición normal de inmersión, mediante el uso del malacate permitirá al agua retornar al tanque mientras que los sólidos serán retenidos posteriormente, un retén de gancho hará que la charola o colector de grasas se incline hacia el exterior descargando hacia un depósito donde se almacenarán los sólidos para su disposición final. Un botón manual permitirá a la charola retornar a su posición de inmersión, también estará equipado con un embrague de sobrecarga y un freno. La capacidad mínima será de una tonelada a la velocidad de elevación de 0.04 m/s. Este último dispositivo podrá variar en un diseño según se requiera.

Sopladores.

Para cada tanque separador de grasas y arena, se proporcionará un juego de sopladores de desplazamiento positivo, el cual consistirá de un soplador capaz de distribuir 13.9 m³/min. de aire a una presión de descarga de 10.15 PESIG, cada juego tendrá un múltiple de descarga para operación individual o combinada, según se elija, mediante el uso de las válvulas reguladoras de control.

Cada soplador estará montado sobre un marco de base con llantas continuas articuladas antivibrantes, diseñadas para rodar sobre una plataforma de concreto u otra base sólida.

El equipo incluye un soplador, un motor eléctrico, bandas, poleas acanaladas, un filtro de entrada con silenciador protegido por una cúpula contra intemperie, un silenciador de descarga, una válvula check, una manguera de hule para descarga y una válvula aliviadora de presión, así como una rejilla para protección del personal que cubrirá las bandas y poleas o similar.

Características Eléctricas.

El equipo estará formado por controles eléctricos para el equipo separador de grasas y arenas, incluyendo un tablero de controles montado en el puente móvil y otro que estará montado cerca del elevador del colector de grasas en la entrada de agua.

El motor de cada soplador tendrá una potencia de 30 HP, 230/460 VOLTS, trifásico, 60 Hz.

El motor de propulsión del puente será de 2 HP, 230/460 VOLTS, trifásico, 60 Hz.

El motor de la bomba de arena será de 20 HP 230/460 VOLTS, trifásico, 60 Hz del tipo sumergible.

Los componentes básicos del tablero de control del puente deslizable son:

- 1.- Una cubierta de fibra de vidrio NEMA 4.
- 2.- Interruptor de circuito 480 VAC con manija externa para cerrarse con candado.
- 3.- Interruptor selector para arranque y paro, (2 puentes) (1 bomba).
- 4.- Transformador del control de 120 V.
- 5.- Arrancador reversible para el puente.
- 6.- Arrancador de la bomba.
- 7.- Tablero de operación manual.
- 8.- Botones de presión para manejo manual.
- 9.- Luz de alarma.
- 10.- Termostato de control.
- 11.- Interruptor de emergencia del puente.

El interruptor de operación manual servirá para subir y bajar el colector de grasas instalado en el marco del canal de grasas.

Acabados.

Todas las partes fabricadas con acero estarán galvanizadas por medio de inmersión caliente, de acuerdo con las especificaciones de las normas ANSI/ASTM A123-78.

CAPITULO XIII

REACTOR BIOLÓGICO AERÓBICO

CAPITULO XIII

REACTOR BIOLÓGICO AERÓBICO

Los objetivos que persigue el reactor biológico aeróbico son: la eliminación de los sólidos coloidales y en suspensión, la estabilización de la materia orgánica, la eliminación de los gases y el principal objetivo es reducir el oxígeno consumido y, en muchos casos, los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

CAPITULO XIII

En la estabilización de la materia orgánica, la creación de un medio aeróbico, la estabilización de la materia orgánica y la estabilización de materia orgánica se consigue biológicamente mediante una variedad de microorganismos, principalmente bacterias.

Las microorganismos aeróbicos para consumir la materia orgánica producen dióxido de carbono y agua. Dado que el tejido celular tiene un peso molecular ligeramente mayor que el agua, el tejido celular puede ser arrastrado del líquido.

REACTOR BIOLÓGICO AERÓBICO

Es importante hacer notar que, a menos que se separe el tejido celular, se produce a partir de la materia orgánica, no se consigue el tratamiento completo. El tejido celular, que es de naturaleza orgánica, su nivel medido como DBO en el agua. Si no se separa el tejido celular, el agua tratada como se habrá previsto a largo plazo, debido a la conversión bacteriana de una fracción de la materia orgánica que se encuentra en diversos productos por los gases.

CAPITULO XIII

REACTOR BIOLÓGICO AEROBICO

Los objetivos que persigue el tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo es reducir el contenido orgánico y, en muchos casos, los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo.

En la eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de materia orgánica se consigue biológicamente utilizando una variedad de microorganismos, principalmente bacterias.

Los microorganismos se usan para convertir la materia orgánica carbonosa coloidal y disuelta en diversos gases y tejido celular. Dado que el tejido celular tiene un peso específico ligeramente mayor que el del agua, el tejido resultante puede eliminarse del líquido tratado por sedimentación.

Es importante hacer notar que, a menos que se separe de la solución el tejido celular que se produce a partir de la materia orgánica, no se conseguirá el tratamiento completo, porque el tejido celular, que es de naturaleza orgánica, vendrá medido como DBO en el efluente. Si no se separa el tejido celular, el único tratamiento que se habrá llevado a cabo es el asociado con la conversión bacteriana de una fracción de la materia orgánica presente originalmente, en diversos productos gaseosos finales.

Aereación por Difusión.

Los difusores más frecuentemente utilizados en los sistemas de aereación están diseñados de modo tal que produzcan burbujas finas, medias o relativamente gruesas, en este caso se optó por cambiar el sistema de aereación por un sistema de burbuja fina debido a que el sistema de aereación con el que cuenta la Planta actualmente esta consumiendo una gran cantidad de energía.

Actualmente el Reactor Biológico se encuentra funcionando con el siguiente equipo:

- 8 Aereadores Mecánicos Superficiales de 15 HP c/u.
- 2 Sopladores de 100 HP c/u.
- 3 Sopladores de 75 HP c/u.

Por lo que da un total de 545 HP para un gasto de 300 lps teniendo una relación de 1.8 HP/lps.

Los difusores con los que cuenta el Reactor Biológico de la Planta tienen un diámetro de abertura de 3/4" produciéndose una burbuja demasiado grande, provocándose así el gran consumo de energía.

Enseguida se presentan los cálculos correspondientes para obtener el oxígeno requerido en el Reactor Biológico.

Datos del Reactor:

Nº de Unidades =	2
Profundidad del Ractor =	4.5 mts (14.75 pies)
Profundidad de los Difusores =	4.1 mts. (13.50 pies)
Dimensiones =	47 mts. (154 pies) de largo X 11.50 mts. (39 pies) de ancho c/u.
Gasto a tratar =	300 lps. (6.848 X 10 ⁶ gpd)

Cálculo de Oxígeno Requerido

Las ecuaciones para determinar el aire requerido en el Reactor Biológico son las siguientes:

1.- **Concentración de Saturación de Oxígeno.**

$$C_{ST} = C_{SM} \left(\frac{BP + (0.433) (DWD) (0.25)}{14.7} \right)$$

Donde:

C_{ST} = Concentración de saturación de oxígeno en mg/l.

C_{SM} = Oxígeno saturado a 14.7 psia y a la temperatura de diseño en mg/l.

BP = Presión barométrica en el lugar en psia.

DWD = Profundidad del agua hasta donde se encuentra el difusor en pies.

2.- **Concentración de Saturación de Oxígeno a 20 °C.**

$$C_{20^{\circ}C} = C_{SM20^{\circ}C} \left(\frac{BP + (0.433) (DWD) (0.25)}{14.7} \right)$$

Donde:

$C_{S20^{\circ}C}$ = Concentración de saturación de oxígeno a 20 °C en mg/l.

3.- Factor de Corrección.

$$CF = (\alpha) \left(\frac{(\beta) (C_{ST}) - (RO)}{C_{S20^{\circ}C}} \right) (\theta)^{T-20}$$

Donde:

- CF = Factor de corrección.
Alfa = Factor de corrección debido a la tensión superficial.
Beta = Factor de corrección debido a la solubilidad.
RO = Oxígeno residual en el reactor en mg/l.
Theta = Factor de corrección debido a la temperatura.
T = Temperatura del agua en °C.

4.- Requerimiento de Oxígeno Estandarizado.

$$SOR = \frac{AOR}{CF}$$

Donde:

- SOR = Requerimiento de oxígeno estandarizado en lb/hr.
AOR = Requerimiento de oxígeno actual en lb/hr.

5.- Requerimiento de Aire.

$$SCFM = \left(\frac{(SOR) (24) (4.025)}{(SOTE)} \right)$$

Donde:

SCFM = Requerimiento de aire en ft³/min.

SOTE = Eficiencia de transferencia de oxígeno del aereador en porciento.

Determinación de Datos:

Algunos datos de las ecuaciones antes mencionadas son obtenidos de tablas, condiciones del lugar, así como también de estudios de laboratorio, presentándose a continuación un resumen de estos valores.

1.- **Requerimiento de oxígeno actual en libras por hora (AOR).**

El requerimiento de oxígeno actual se determina en función del DBO_5 que se removerá, obteniéndose de la diferencia entre la DBO_5 máxima presentada en el reactor que para este caso es de 290 mg/l y la DBO_5 requerida en el efluente que es de 20 mg/l, siendo 270 mg/l lo propuesto para remover.

Para convertir este valor en libras por hora, se utilizará la siguiente ecuación:

$$DBO_5 \text{ (lb/hr)} = \left(\frac{(DBO_5 \text{ a remover}) (8.34 \times 10^{-6}) (\text{gasto en galones/día})}{24} \right)$$

Con un gasto de 300 lps (6.848×10^6 galones/día) y una DBO_5 de 270 mg/l por remover tendremos lo siguiente:

$$DBO_5 = \left(\frac{(270) (8.34 \times 10^{-6}) (6.848 \times 10^6)}{24} \right) = 642.52 \text{ libras de } DBO_5 \text{ por hora}$$

Para convertirlo a "AOR" se debe multiplicar las Libras de DBO_5 por hora por un valor comprendido entre 1.2 y 2.2 libras de oxígeno/libras de DBO_5 . Para nuestro proyecto utilizaremos 1.5 lb. oxígeno/lb. DBO_5 , ya que es lo que recomiendan para este tipo de agua residual.

Hay que tomar muy en cuenta que estos valores de DBO, que estamos utilizando corresponden al Reactor Biológico y no al Influyente de la Planta.

2.- Oxígeno Saturado a 14.7 psia y a la temperatura de diseño (C_{SM}).

Para este valor se utiliza la siguiente tabla.

TABLA XIII-1

Valores de Saturación de Oxígeno Disuelto

° C	mg/l		° C	mg/l
5	12.77		14	10.31
6	12.45		15	10.08
7	12.14		16	9.87
8	11.84		17	9.67
9	11.56		18	9.47
10	11.29		19	9.28
11	11.03		20	9.09
12	10.78		25	8.26
13	10.54		30	7.56

Para nuestro proyecto tenemos una temperatura máxima del agua residual de 30 °C por lo que la saturación de oxígeno disuelto (C_{SM}) es de 7.56 mg/l.

3.- Presión Barométrica en el lugar, psia (BP).

La presión barométrica está en función de la elevación sobre el nivel del mar y éste es obtenido de la siguiente tabla.

TABLA XIII-2

Presión Atmosférica Vs. Elevación

Elevación pies snm.	Presión psia	Elevación pies snm	Presión psia
0	14.70	2250	13.45
250	14.55	2500	13.40
500	14.45	2750	13.30
750	14.30	3000	13.20
1000	14.20	4000	12.70
1250	14.00	5000	12.20
1500	13.90	6000	11.80
1750	13.80	7000	11.30
2000	13.70	8000	10.90

La Cd. de Monterrey se encuentra a una altura de 1750 pies sobre el nivel del mar por lo que la presión atmosférica (BP) correspondiente es de 13.80 psia.

4.- Profundidad de los difusores.

La profundidad en la que se encuentran los difusores, se restringe a la estructura existente, pero si se va a diseñar es bueno ver el costo combinado de la construcción y el costo de energía a operar. Un incremento en la profundidad del difusor aumenta la transferencia de oxígeno. De acuerdo a estudios que se han hecho mencionan que profundidades entre 20 y 25 pies (6 y 7.5 mts.) reducen los costos. Para nuestro caso ya existe la construcción teniendo los difusores una profundidad de 13.5 pies aproximadamente.

5.- Factor de corrección debido a la tensión superficial (Alfa).

Este factor ha sido determinado en pruebas de laboratorio encontrándose generalmente entre 0.45 y 0.90 en aguas residuales municipales. Este varía de acuerdo al tipo de reactor biológico y el diámetro de la burbuja. Para aguas residuales municipales es muy común utilizar un factor de 0.65 a 0.80 en la aereación de los reactores, entre más pequeño sea el valor es más conservativo, para nuestro caso utilizaremos un factor de 0.80.

6.- Factor de corrección de solubilidad (Beta).

Este valor ha sido determinado en pruebas de laboratorio encontrándose generalmente entre 0.90 y 0.95, entre más pequeño sea el valor es más conservativo. Para la mayoría de las aguas residuales municipales se utiliza un factor de 0.95, por lo que nosotros utilizaremos dicho valor.

7.- Oxígeno Disuelto Residual (RO).

Este valor está basado en la experiencia de operación y en la preferencia del diseñador. Es muy común utilizar rangos de 1 a 2 mg/l. Un valor de 1.5 mg/l podría ser típico para lagunas, pero para lodos activados sería recomendable utilizar 2 mg/l para mayor seguridad por lo que nosotros utilizaremos 2 mg/l.

8.- Factor de corrección de temperatura (Theta).

Este valor es seleccionado de la siguiente tabla.

TABLA XIII-3**Factor de Corrección de Temperatura**

Theta	Temperatura
1.010	> 20 °C
1.024	20 °C
1.030	< 20 °C

Como nuestra temperatura máxima del agua residual se encuentra entre los 30 °C el valor de Theta que utilizaremos será de 1.03.

9.- Eficiencia de transferencia de oxígeno del aereador en porciento (SOTE).

Este valor varia debido a la profundidad del difusor. Los fabricantes proveen curvas y otros sistemas en el que dicen que este valor puede ser estimado entre 1 y 2 % por pie de profundidad del difusor. Hay que tomar muy en cuenta que este rango corresponde cuando el difusor se encuentra completamente limpio, por lo que hay que tener mucho cuidado de que estos no se encuentren sucios. Para nuestro caso y de acuerdo al fabricante de los difusores nos recomendó que utilizaremos 2 % por pie de profundidad por lo que nuestro valor de " SOTE " asciende hasta 27% debido a que los difusores se encuentran a una profundidad de 13.5 pies.

10.- Temperatura del agua residual (T).

Es la temperatura del agua residual, se debe tomar la mayor temperatura presentada ya que la saturación de oxígeno disminuye conforme la temperatura aumente. De acuerdo al Anexo-1, la temperatura máxima oscila entre los 30 °C.

11.- Temperatura ambiente (T_A).

La temperatura ambiente no se utiliza para los requerimientos del proceso, pero este es necesario para determinar los HP del compresor. Cantidad de aire requerida para el proceso en el reactor biológico.

1.- Concentración de Saturación de Oxígeno

Datos:

$$C_{sat} = 7.56 \text{ mg/l (Proveniente de la página XIII-7)}$$

$$BP = 13.8 \text{ psia (Proveniente de la página XIII-8)}$$

$$DWRD = 13.50 \text{ pies (Proveniente de la página XIII-8)}$$

$$C_{ST} = C_{sat} \left(\frac{BP - (0.431) (DWRD) (0.293)}{14.7} \right)$$

$$C_{ST} = 7.56 \left(\frac{13.8 - (0.431) (13.5) (0.293)}{14.7} \right) = 7.85 \text{ mg/l}$$

$$C_{ST} = 7.85 \text{ mg/l}$$

2.- Concentración de Saturación de Oxígeno a 20 °C.

Datos:

$$C_{sat,20} = 9.09 \text{ mg/l (Proveniente de la página XIII-7)}$$

$$BP = 13.8 \text{ psia (Proveniente de la página XIII-8)}$$

Con estos datos proseguiremos al cálculo de la cantidad de aire requerido para el proceso en el reactor biológico.

1.- **Concentración de Saturación de Oxígeno.**

Datos:

$C_{SM} = 7.56 \text{ mg/l}$ (Proveniente de la página XIII-7).

$BP = 13.80 \text{ psia}$ (Proveniente de la página XIII-8).

$DWD = 13.50 \text{ pies}$ (Proveniente de la página XIII-9).

$$C_{ST} = C_{SM} \left(\frac{BP + (0.433) (DWD) (0.25)}{14.7} \right)$$

$$C_{ST} = 7.56 \left(\frac{13.8 + (0.433) (13.5) (0.25)}{14.7} \right) = 7.85 \text{ mg/l}$$

$$C_{ST} = 7.85 \text{ mg/l}$$

2.- **Concentración de Saturación de Oxígeno a 20 °C.**

Datos:

$C_{SM 20^{\circ}\text{C}} = 9.09 \text{ mg/l}$ (Proveniente de la página XIII-7).

$BP = 13.80 \text{ psia}$ (Proveniente de la página XIII-8).

DWD = 13.50 pies (Proveniente de la página XIII-9).

$$C_{20^{\circ}C} = C_{SM20^{\circ}C} \left(\frac{BP + (0.433) (DWD) (0.25)}{14.7} \right)$$

$$C_{20^{\circ}C} = 9.09 \left(\frac{13.8 + (0.433) (13.5) (0.25)}{14.7} \right) = 9.4 \text{ mg/l}$$

$$C_{20^{\circ}C} = 9.40 \text{ mg/l}$$

3.- Factor de Corrección.

Datos:

Alfa = 0.80 (Proveniente de la página XIII-9).

Beta = 0.95 (Proveniente de la página XIII-9).

RO = 2 (Proveniente de la página XIII-9).

Theta = 1.01 (Proveniente de la página XIII-10).

T = 30 °C (Proveniente de la página XIII-10).

$$CF = (\alpha) \left(\frac{(\beta) (C_{ST}) - (RO)}{C_{S20^{\circ}C}} \right) (\theta)^{T-20}$$

$$CF = (0.80) \left(\frac{(0.95) (7.85) - (2)}{9.4} \right) (1.01)^{30-20} = 0.513$$

$$SCFM = \left(\frac{(197) \text{ CF} = 0.513}{(27)} \right) = 5703 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$SCFM = 5703 \text{ ft}^3/\text{min}$$

4.- Requerimiento de Oxígeno Estandarizado.

Datos:

AOR = 963.78 lb/hr. (Proveniente de la página XIII-6).

$$SOR = \frac{AOR}{CF}$$

$$SOR = \frac{963.78}{0.513} = 1875 \text{ lb/hr.}$$

$$SOR = 1875 \text{ lb/hr.}$$

5.- Requerimiento de Aire.

Datos:

SOTE = 27 % (Proveniente de la página XIII-9).

$$SCFM = \left(\frac{(SOR) (24) (4.025)}{(SOTE)} \right)$$

$$SCFM = \left(\frac{(1875) (24) (4.025)}{(27)} \right) = 6708 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$SCFM = 6708 \text{ ft}^3/\text{min}$$

De acuerdo al fabricante cada Difusor tiene una capacidad de 2.3 ft³/min por lo que de acuerdo al requerimiento de aire necesitamos...

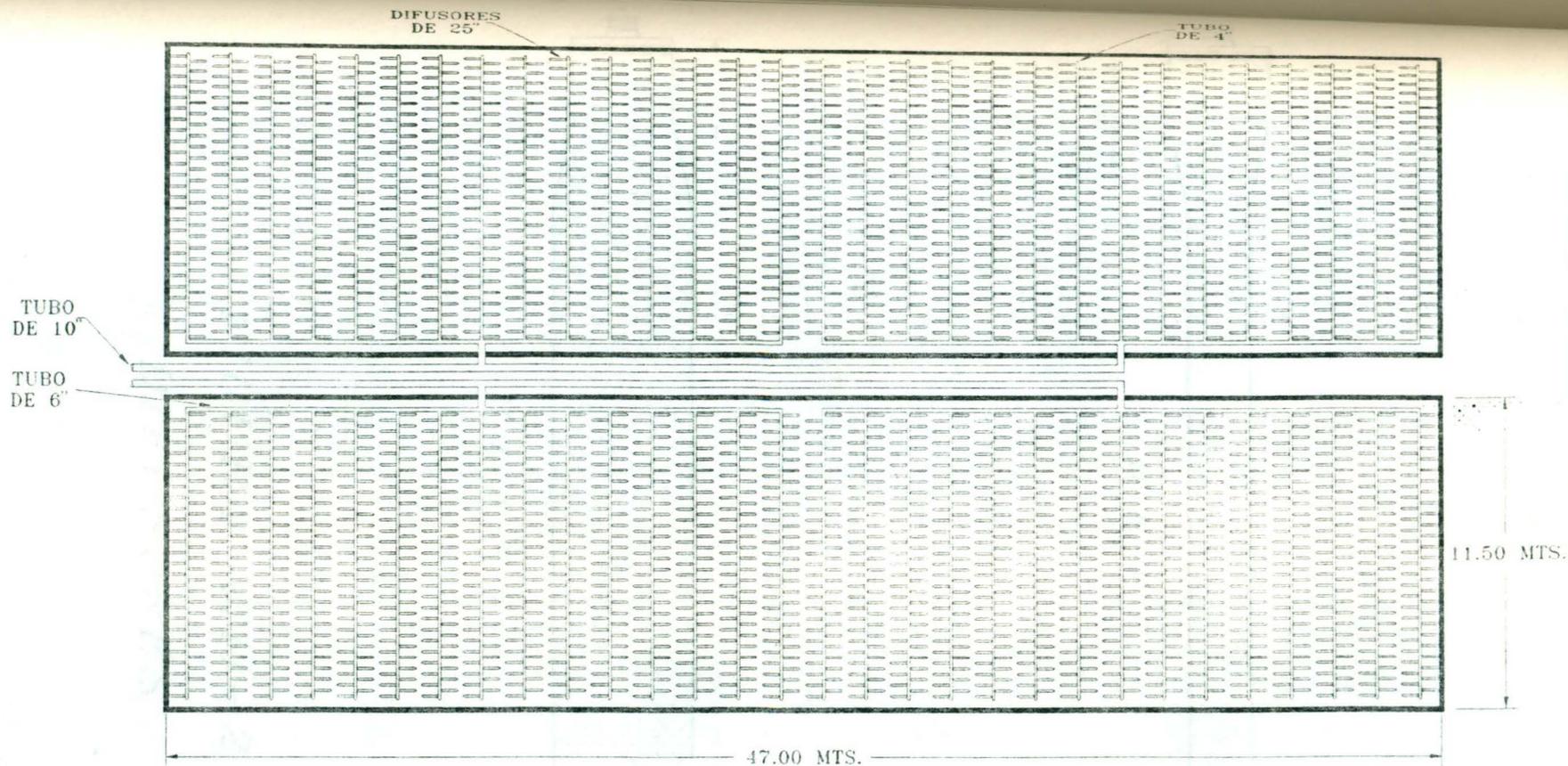
$$\text{Núm. de Difusores} = \frac{\text{Requerimiento de aire}}{\text{Capacidad por Difusor}}$$

$$\text{Núm. de Difusores} = \frac{6,708 \text{ ft}^3/\text{min}}{2.3 \text{ ft}^3/\text{min}} = 2,916 \text{ Difusores}$$

Por lo que cada reactor tendrá como mínimo 1,458 difusores.

El acomodamiento con mayor eficiencia en cada reactor resultó ser de 30 filas con 26 pares de difusores cada fila por lo que da un total de 1560 difusores por reactor.

El acomodamiento de los Difusores se presenta en la figura XIII-1, mientras que las características se presentan en las figuras XIII-2, XIII-3 y XIII-4.



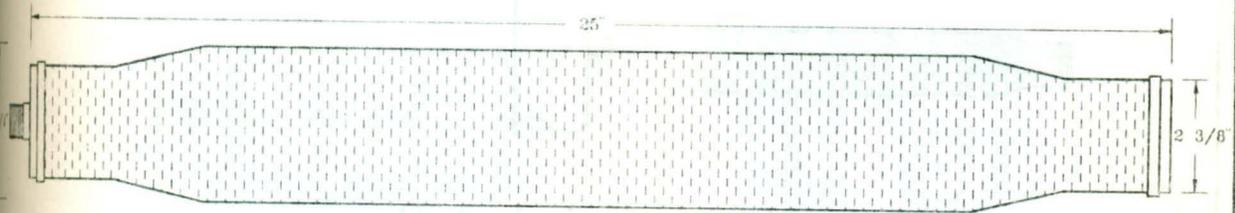
30 FILAS CON 52 DIFUSORES POR REACTOR
 3,120 DIFUSORES EN TOTAL
 7,176 PIES CUBICOS POR MINUTO DE AIRE
 30 FILAS DISTANCIADAS A 1.56 MTS.
 52 DIFUSORES POR FILA DISTANCIADOS A 21 CMS

FIGURA XIII-1
ACOMODAMIENTO DE DIFUSORES



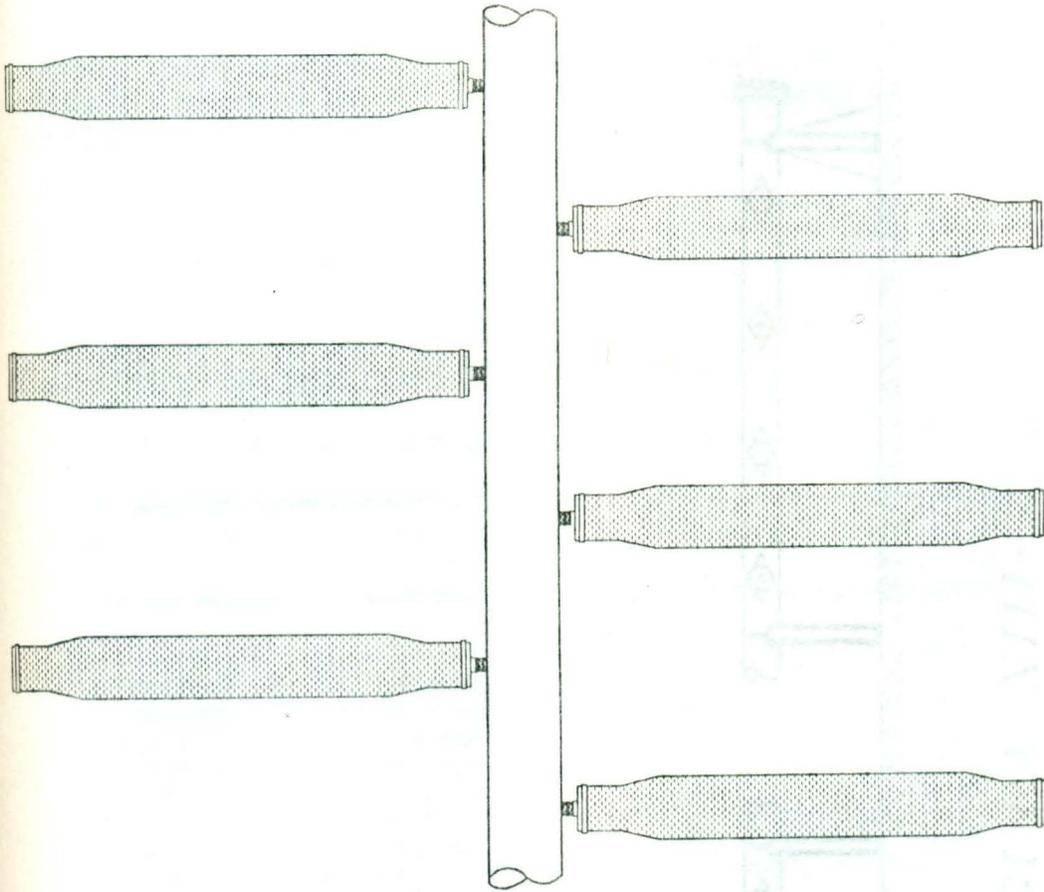
CONECTOR DE
3/4"

C O R T E



P L A N T A

FIGURA XIII-2
DIFUSORES
DIFUSORES



P L A N T A



E L E V A C I O N

FIGURA XIII-3

DIFUSORES

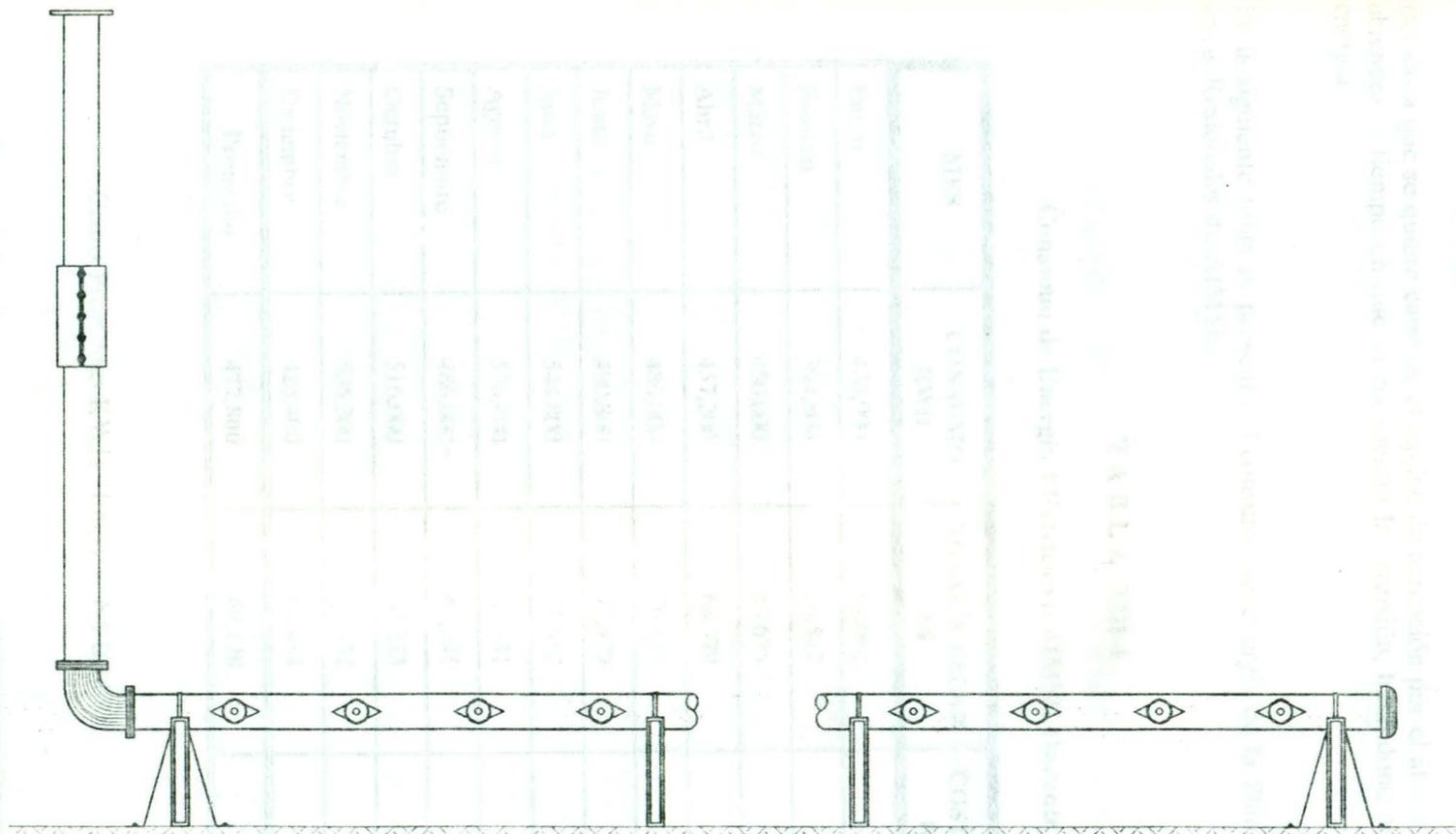


FIGURA XIII-4
 ENSAMBLE DE DIFUSORES

CALCULO DE LA AMORTIZACION DEL EQUIPO

Debido a que se quiere cambiar el equipo de aereación por el alto consumo de energía, se obtendrá el tiempo en que se recuperará la inversión, basándose en el mismo ahorro de energía.

En la siguiente tabla se presenta el consumo de energía de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales de AIMSU.

TABLA XIII-4

Consumo de Energía Eléctrica en AIMSU Durante 1993

MES	CONSUMO KWH	TOTAL A PAGAR N\$	COSTO PROMEDIO KWH (N\$)
Enero	438,000	67,662	0.15448
Febrero	394,800	56,547	0.14323
Marzo	450,000	63,675	0.14150
Abril	457,200	68,379	0.14956
Mayo	486,000	76,137	0.15666
Junio	490,800	73,429	0.14961
Julio	544,800	71,652	0.13152
Agosto	536,400	67,731	0.12627
Septiembre	486,000	65,595	0.13497
Octubre	516,000	85,233	0.16518
Noviembre	505,200	72,132	0.14278
Diciembre	428,400	61,484	0.14352
Promedio	477,800	69,138	0.14494

Costo Promedio KWH (1993) = N\$ 0.14494

Actualmente el Reactor requiere una capacidad de 545 HP para 300 lps ó 470 HP para 260 lps siendo su relación de 1.8 HP/lps aproximadamente, esta capacidad proviene de:

1.- **Aereadores Superficiales.**

Equipos	HP Unitario	KWH Unitario	HP Total	KWH Total
8	15	11.18	120	89

2.- **Sopladores.**

Equipos	HP Unitario	KWH Unitario	HP Total	KWH Total
3	75	56.00	225	168
2	100	74.50	200	149
			425	317

Estos 545 HP provenientes de la suma de los aereadores superficiales (120 HP) y los sopladores (425 HP) equivalen a 406 KWH.

El equipo de aereación de burbuja fina que se está proponiendo requiere una capacidad de 330 HP según el fabricante, siendo equivalente a 246 KWH, por lo que tenemos un ahorro de energía de 160 KWH. El ahorro de energía mensual sería el siguiente:

$$\text{Ahorro de energía mensual} = (160 \text{ KWH}) (24 \text{ hrs/día}) (30 \text{ días/mes}) (\text{N\$ } 0.14494/\text{kwh}) = \text{N\$ } 16,697.00$$

El valor del equipo incluyendo la instalación es de N\$ 806,000.00. Por lo que en un total de 48 meses (4 años) se recuperaría la inversión.

De acuerdo a estadísticas en varias plantas, se dice que la capacidad requerida de aire puede disminuir hasta un 20%, pero esto se verá cuando se encuentre el reactor en funcionamiento.

CAPITULO XIV

TRATAMIENTO DE LODOS

• Por Sedimentación

• Por Flotación

El agua residual es un líquido que contiene una gran cantidad de sólidos suspendidos y disueltos, los cuales pueden ser perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Por lo tanto, es necesario tratar el agua residual antes de ser vertida en el medio ambiente. El tratamiento de los lodos es un proceso que consiste en separar los sólidos del agua, para luego tratarlos y reutilizarlos.

El agua residual puede ser tratada de varias maneras, dependiendo de la cantidad de sólidos que contiene. Los métodos más comunes son la sedimentación, la flotación y la filtración.

TRATAMIENTO DE LODOS

Espesamiento de Lodos.

En el proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Agua Industrial de Monterrey S. de U., se está considerando un sistema de espesamiento para lodos secundarios.

Los lodos secundarios se purgarán hacia un cárcamo, desde donde se realizará la circulación de los mismos hacia el reactor para mantener la concentración de sólidos. De éste mismo cárcamo se extraerán del sistema de lodos, el exceso producido, enviándolo por medio de bombas centrífugas hacia el espesador.

El espesamiento será la primera etapa de reducción del volumen de lodos. Este consistirá en aumentar la concentración de los lodos en exceso que se extraerán de la línea principal del tratamiento.

Las técnicas principales de tratamiento podrían ser:

- ◆ Por Sedimentación.
- ◆ Por Flotación.

Para los lodos secundarios podrían considerarse ambas técnicas. Con la de sedimentación, la carga admisible sería baja, siendo un equipo de simple concepción y con características operativas de fácil empleo. En cambio, con la técnica por flotación, las cargas admisibles serían superiores resultando equipos de menor diámetro, obteniéndose concentraciones superiores, pero la concepción es menos simple que en el primer caso.

Para este proyecto se recomendaría utilizar la técnica por espesamiento, para mantener simplicidad de operación en la planta.

El tiempo de permanencia del lodo en el espesador es tal, que se logre la compactación del mismo, extrayéndose el lodo espesado por el fondo del equipo, recogándose el sobrenadante a través de un vertedero periférico, para retornarlo a la cabeza del tratamiento. Dependiendo del tipo de lodo a espesar se fijan la altura y diámetro del espesador, con el fin de lograr la buena separación del lodo y del líquido intersticial.

Se recomienda que el espesador sea de sección circular y que disponga de un conjunto mecánico de accionamiento central con las siguientes funciones:

- ◆ Barrido de los lodos sedimentados a la tolva central por medio de rastras barredoras dispuestos en todo el diámetro del equipo.
- ◆ Facilitar el desprendimiento del agua intersticial y de los gases ocluidos a través de perfiles verticales dispuestos a lo largo de los brazos de barrido.
- ◆ Facilitar el manejo de lodos en el fondo, contando con una pendiente suficiente hacia el centro del equipo.

Digestor Aeróbico.

Los lodos espesados pasarán al digestor aeróbico cuya función es semejante al proceso de lodos activados. Cuando se haya agotado la aportación de sustrato disponible (alimento), los microorganismos comenzarán a consumir su propio protoplasma a fin de obtener energía para las reacciones de mantenimiento de las células. Cuando esto ocurre, se dice que los microorganismos se encuentran en su fase endógena. El tejido celular es oxidado aerobiamente a anhídrido carbónico, agua y amoníaco. Sin embargo, debe indicarse que sólo del 75 al 80% del tejido celular puede realmente ser oxidado. El 25 ó 20% restante lo constituyen compuestos orgánicos y componentes inertes que no son biodegradables.

Los factores más importantes que se deben de tomar en cuenta en el diseño del digestor son:

- 1.- **Tiempo de retención hidráulico.**- La cantidad de sólidos volátiles en el lodo se reduce, más o menos linealmente, hasta un valor de un 40% aproximadamente en un tiempo de retención hidráulica de 10 a 12 días.
- 2.- **Criterios de carga del proceso.**- Los valores típicos oscila entre 1.6 y 4.8 kg de sólidos volátiles.
- 3.- **Necesidades de Oxígeno.**- Los valores típicos oscilan entre 1.6 y 1.9 kg kilogramos por kilogramo destruido de DBO₅ en el lodo primario y 2 kilogramos por kilogramo de células.

Digestor Aeróbico.

Los lodos espesados pasarán al digestor aeróbico cuya función es semejante al proceso de lodos activados. Cuando se haya agotado la aportación de sustrato disponible (alimento), los microorganismos comenzarán a consumir su propio protoplasma a fin de obtener energía para las reacciones de mantenimiento de las células. Cuando esto ocurre, se dice que los microorganismos se encuentran en su fase endógena. El tejido celular es oxidado aerobiamente a anhídrido carbónico, agua y amoníaco. Sin embargo, debe indicarse que sólo del 75 al 80% del tejido celular puede realmente ser oxidado. El 25 ó 20% restante lo constituyen compuestos orgánicos y componentes inertes que no son biodegradables.

Los factores más importantes que se deben de tomar en cuenta en el diseño del digestor son:

- 1.- **Tiempo de retención hidráulico.**- La cantidad de sólidos volátiles en el lodo se reduce, más o menos linealmente, hasta un valor de un 40% aproximadamente en un tiempo de retención hidráulica de 10 a 12 días.
- 2.- **Criterios de carga del proceso.**- Los valores típicos oscila entre 1.6 y 4.8 kg de sólidos volátiles.
- 3.- **Necesidades de Oxígeno.**- Los valores típicos oscilan entre 1.6 y 1.9 kg kilogramos por kilogramo destruido de DBO_5 en el lodo primario y 2 kilogramos por kilogramo de células.

Deshidratación de Lodos.

Con el propósito de obtener un sólido fácilmente manejable, se recomienda que los lodos espesados se envíen a un proceso de deshidratación, lograda mediante filtros banda.

Las ventajas de estos equipos son las siguientes:

- ◆ Fácil de operar.
- ◆ Bajo costo de inversión y operación.
- ◆ Simplicidad del proceso.

El funcionamiento es el siguiente:

Este consiste de dos bandas continuas colocadas una sobre otra. El lodo acondicionado se introduce entre las dos bandas. El proceso consta de tres zonas:

- 1.- El lodo pasa a través de la zona de drenaje, donde se realiza la deshidratación por acción gravitatoria.
- 2.- El lodo entra en la zona de compresión donde se le aplica una presión por medio de rodillos que se hallan en contacto con la banda superior.
- 3.- El lodo pasa a la zona de desmenuzamiento, donde se aplican esfuerzos cortantes para llevar a cabo la deshidratación final.

INVERSION ESTIMADA

Partido B.3 Presupuesto	Cuentas de
<p>C A P I T U L O X V</p> <p>Región - Mérida Exp. de la Construcción Maquila - Parahall Inversión Pesquera</p>	<p>1961 1961</p>
<p>Contribuciones Sociales Libro de Tercer</p> <p>INVERSION ESTIMADA</p> <p>Mérida - Parahall Inversión Desmembrada</p>	<p>1 234 900</p>
<p>Plan y Presupuesto Capitalización - 2 unidades Exp. de la Construcción Reg. de Maquinaria y Accesorios Inversión Social Inversión Desmembrada</p>	<p>2 374 500</p>
<p>Inversión de la Construcción</p>	<p>1 234 900</p>
<p>Exp. de inversión y desarrollo</p>	<p>1 234 900</p>

INVERSION ESTIMADA

Partida del Presupuesto	Costo en N\$
Pretratamiento Gravitacional	246,700
Obra de Toma	
Canales	
Rejillas Manuales	
Desarenador Gravitacional	
Medidor Parshall	
Instalación Desmenuzador	
Pretratamiento Mecánico	1,224,930
Obra de Toma	
Canales	
Rejillas Mecánicas	
Desarenador/Desgrasador Mecánico	
Medidor Parshall	
Instalación Desmenuzador	
Pretratamiento Gravitacional y Mecánico	1,374,930
Obra de Toma	
Canales	
Rejillas Manuales y Mecánicas	
Desarenador Gravitacional	
Desarenador/Desgrasador Mecánico	
Medidor Parshall	
Instalación Desmenuzador	
Tanque Regulador de 2,000 m³	345,427
Equipo de Aereación (Burbuja Fina)	804,000

A N E X O I

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

REALIZADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.
PARA EL AÑO DE 1993

PROMEDIO MENSUAL
VALOR MAXIMO PRESENTADO DURANTE EL MES
VALOR MINIMO PRESENTADO DURANTE EL MES

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U. (AIMSU)
CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
PROMEDIO MENSUAL

INFLUENTE														
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
Flujo	lps	203.0	202.0	216.0	223.0	213.0	227.0	262.0	263.0	217.0	228.0	183.0	152.0	
Temperatura	° C	23.0	23.0	24.0	26.0	28.0	29.0	30.0	31.0	30.0	28.0	26.0	24.0	
pH	Unidad	7.2	7.3	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	
Fosfatos Totales	mg/l	14.0	13.8	16.1	17.8	14.8	13.2	18.0	18.8	15.0	13.7	14.6	14.0	
D B O ₅	mg/l	366.0	316.0	308.0	390.0	430.0	415.0	371.0	403.0	289.0	228.0	324.0	460.0	
D Q O	mg/l	1216.0	1162.0	1121.0	1263.0	1366.0	1170.0	1195.0	1283.0	996.0	899.0	1007.0	1186.0	
Sólidos Sedimentables	ml/l	34.0	32.0	33.0	41.0	34.0	21.0	19.0	21.0	20.0	11.3	23.0	29.0	
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1666.0	1656.0	1691.0	1961.0	2019.0	1952.0	2178.0	2396.0	1805.0	1546.0	1608.0	1906.0
	Fijos	mg/l	936.0	1038.0	1055.0	1184.0	1233.0	1114.0	1512.0	1672.0	1247.0	1080.0	1113.0	1200.0
	Volátiles	mg/l	730.0	618.0	636.0	777.0	786.0	838.0	666.0	724.0	558.0	466.0	495.0	706.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	497.0	426.0	465.0	633.0	651.0	598.0	561.0	651.0	507.0	367.0	406.0	687.0
	Fijos	mg/l	120.0	127.0	127.0	175.0	192.0	178.0	123.0	215.0	194.0	121.0	141.0	216.0
	Volátiles	mg/l	377.0	299.0	338.0	458.0	459.0	420.0	438.0	436.0	313.0	246.0	265.0	471.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1169.0	1230.0	1226.0	1328.0	1368.0	1354.0	1617.0	1745.0	1298.0	1179.0	1202.0	1219.0
	Fijos	mg/l	816.0	911.0	928.0	1009.0	1041.0	936.0	1389.0	1457.0	1053.0	959.0	972.0	984.0
	Volátiles	mg/l	353.0	319.0	298.0	319.0	327.0	418.0	228.0	288.0	245.0	220.0	230.0	235.0
Fierro	mg/l	-	2.5	2.0	2.0	2.3	2.0	2.1	2.1	1.0	1.1	1.1	1.3	
S.A.A.M.	mg/l	-	31.0	27.6	31.6	28.3	26.2	26.0	23.8	16.1	20.0	26.0	28.0	
Grasas y Aceites	mg/l	150.0	185.0	184.0	175.0	190.0	194.0	153.0	152.0	147.0	127.0	134.0	145.0	

LODOS DE RETORNO													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	6840	6815	7245	7674	7114	7248	6912	6200	5126	4795	4977	4513
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	993	1000	995	999	994	996	991	997	997	984	992	976
Indice de Lodos	ml	148	153	137	128	140	140	158	165	197	216	199	242

EFLUENTE PRIMARIO													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
pH	Unidad	7.1	7.2	7.2	7.2	7.1	7.2	7.2	7.3	7.4	7.4	7.1	7.2
D B O ₅	mg/l	-	-	-	-	-	189.0	226.0	205.0	147.0	148.0	137.0	179.0
D Q O	mg/l	-	-	586.0	573.0	587.0	548.0	476.0	578.0	458.0	435.0	454.0	532.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	0.1	0.4	0.1	0.3	0.0	0.2	0.2	2.0	0.2	0.1	0.1	-
Sólidos Suspendedos	Totales	mg/l	-	-	-	-	148.0	172.0	187.0	135.0	105.0	96.0	117.0
	Fijos	mg/l	-	-	-	-	27.0	34.0	43.0	49.0	25.0	30.0	32.0
	Volátiles	mg/l	-	-	-	-	121.0	138.0	144.0	86.0	80.0	66.0	85.0
Grasas y Aceites	mg/l	-	-	-	-	-	72.4	78.0	57.0	45.0	40.0	46.0	31.0

LICOR MEZCLADO EN EL AERADOR 1													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	° C	24.0	24.0	25.0	27.0	29.0	29.0	30.0	30.0	30.0	29.0	26.0	25.0
pH	Unidad	7.1	7.3	7.2	7.3	7.2	7.2	7.2	7.3	7.4	7.3	7.3	7.3
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	2294.0	2426.0	2429.0	2801.0	2371.0	2477.0	2141.0	1839.0	1639.0	1610.0	1692.0	1730.0
Sólidos Suspendedos Volátiles	mg/l	1789.0	1893.0	1891.0	2185.0	1849.0	1975.0	1712.0	1471.0	1311.0	1288.0	1354.0	1384.0
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	529.0	904.0	582.0	855.0	675.0	512.0	546.0	454.0	578.0	449.0	475.0	436.0
Indice de Lodos	ml	266.0	381.0	240.0	305.0	283.0	204.0	258.0	243.0	355.0	277.0	281.0	250.0
Oxígeno Disuelto	mg/l	1.7	1.5	2.0	1.3	1.4	1.5	1.2	1.1	1.9	1.4	1.4	1.4

LICOR MEZCLADO EN EL AERADOR 2													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	° C	24.0	24.0	25.0	27.0	29.0	29.0	30.0	30.0	30.0	29.0	26.0	25.0
pH	Unidad	7.2	7.3	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	7.3	7.2	7.3
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	1951.0	2063.0	2088.0	2392.0	2036.0	2075.0	1857.0	1626.0	1390.0	1373.0	1425.0	1468.0
Sólidos Suspendedos Volátiles	mg/l	1521.0	1608.0	1631.0	1866.0	1588.0	1641.0	1486.0	1299.0	1112.0	1090.0	1140.0	1174.0
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	345.0	747.0	393.0	672.0	477.0	353.0	373.0	368.0	415.0	308.0	334.0	317.0
Indice de Lodos	ml	205.0	367.0	188.0	281.0	232.0	176.0	208.0	227.0	300.0	230.0	234.0	213.0
Oxígeno Disuelto	mg/l	1.7	1.5	2.0	1.4	1.5	1.6	1.3	1.3	1.9	1.4	1.2	1.1

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE C. V. (A.I.M.S.)
 CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
 PROMEDIO MENSUAL

EFLUENTE SECUNDARIO

	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
pH	Unidad	7.3	7.5	7.3	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4	7.5	7.4	7.3	7.3
Turbiedad	Unidad	9.8	13.0	-	-	-	-	-	10.0	-	-	11.0	8.0
D B O ₅	mg/l	-	-	-	-	-	17.0	20.0	17.0	14.0	13.0	18.0	16.0
D Q O	mg/l	-	-	141.0	127.0	128.0	145.0	201.0	212.0	176.0	127.0	126.0	137.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	-	-	-	-	19.0	50.0	38.0	28.0	20.0	20.0	26.0
	Fijos	mg/l	-	-	-	-	2.0	8.0	9.0	8.0	5.0	8.0	8.0
	Volátiles	mg/l	-	-	-	-	17.0	42.0	29.0	15.0	15.0	12.0	18.0
Grasas y Aceites	mg/l	-	-	-	-	-	52.8	56.0	31.0	19.0	21.0	15.0	8.0

GOBIERNO FEDERAL
 COMISIÓN FEDERAL DEL AGUA
 CONTROL ANALÍTICO DIARIO PARA 1993
 VALOR MÁXIMO

INFLUENTE														
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
Flujo	lps	262.0	246.0	248.0	254.0	247.0	268.0	288.0	294.0	242.0	277.0	253.0	211.0	
Temperatura	° C	25.0	26.0	26.0	29.0	30.0	30.0	31.0	31.0	31.0	30.0	28.0	26.0	
pH	Unidad	7.5	7.6	7.6	7.5	7.4	7.3	7.3	7.5	7.5	7.6	7.5	7.5	
Fosfatos Totales	mg/l	20.0	20.6	21.0	19.0	21.0	18.0	21.0	28.0	20.0	18.0	19.0	18.0	
D B O ₅	mg/l	520.0	520.0	440.0	520.0	550.0	650.0	450.0	480.0	410.0	320.0	450.0	563.0	
D Q O	mg/l	1544.0	1480.0	1423.0	1560.0	1667.0	1545.0	1280.0	1676.0	1191.0	953.0	1282.0	1418.0	
Sólidos Sedimentables	ml/l	59.0	51.0	54.0	57.0	56.0	33.0	27.0	67.0	36.0	17.0	43.0	49.0	
Sólidos Totales	Totales	mg/l	2156.0	1864.0	2280.0	2272.0	2564.0	2288.0	2488.0	2784.0	2132.0	1707.0	1786.0	1959.0
	Fijos	mg/l	1200.0	1192.0	1432.0	1380.0	1452.0	1312.0	1736.0	1944.0	1492.0	1202.0	1237.0	1347.0
	Volátiles	mg/l	1028.0	756.0	1040.0	1284.0	1204.0	848.0	800.0	876.0	752.0	540.0	640.0	802.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	832.0	638.0	992.0	992.0	868.0	860.0	684.0	800.0	732.0	480.0	536.0	772.0
	Fijos	mg/l	264.0	296.0	320.0	228.0	320.0	296.0	172.0	276.0	300.0	164.0	188.0	260.0
	Volátiles	mg/l	568.0	568.0	596.0	676.0	588.0	616.0	504.0	512.0	484.0	360.0	308.0	512.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1524.0	1568.0	1620.0	1608.0	1632.0	1500.0	1864.0	1852.0	1604.0	1256.0	1330.0	1392.0
	Fijos	mg/l	1020.0	1072.0	1312.0	1188.0	1268.0	1156.0	1488.0	1652.0	1276.0	1048.0	1184.0	1168.0
	Volátiles	mg/l	504.0	576.0	468.0	600.0	468.0	588.0	292.0	416.0	340.0	285.0	364.0	349.0
Hierro	mg/l	-	5.6	4.1	4.3	5.5	3.2	3.7	3.9	2.1	1.8	1.7	2.0	
S.A.A.M.	mg/l	-	40.0	38.3	40.7	36.7	36.7	31.3	27.3	23.0	24.0	32.3	32.7	
Grasas y Aceites	mg/l	314.0	295.0	628.0	290.0	239.0	268.0	174.0	175.0	163.0	174.0	196.0	205.0	

Lodos de Retorno													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	7901	8136	9414	10153	8848	9627	9284	7571	6036	5868	6713	5669
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Índice de Lodos	ml	189	293	181	170	215	171	366	235	257	313	260	261

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE C. V. (S.A. DE C.V.)
CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
VALOR MAXIMO

EFLUENTE PRIMARIO													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
pH	Unidad	7.3	7.5	7.5	7.8	7.4	7.4	7.4	7.4	7.6	7.8	7.5	7.5
D B O ₅	mg/l	-	-	-	-	-	290.0	270.0	270.0	240.0	180.0	180.0	235.0
D Q O	mg/l	-	-	683.0	691.0	764.0	699.0	580.0	690.0	590.0	566.0	666.0	725.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	2.4	3.0	2.0	0.6	0.0	1.7	2.0	5.0	1.0	1.0	0.1	-
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	-	-	-	-	180.0	200.0	236.0	220.0	142.0	134.0	184.0
	Fijos	mg/l	-	-	-	-	52.0	46.0	70.0	90.0	30.0	75.0	58.0
	Volátiles	mg/l	-	-	-	-	150.0	164.0	192.0	122.0	114.0	108.0	210.0
Grasas y Aceites	mg/l	-	-	-	-	-	125.0	93.0	76.0	76.0	54.0	77.0	40.0

LICOR MEZCLADO EN EL AERADOR 1													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	° C	25.0	26.0	26.0	29.0	30.0	30.0	31.0	31.0	31.0	30.0	28.0	27.0
pH	Unidad	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.6	7.5	7.4	7.4	7.4
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	2636.0	3038.0	2965.0	3446.0	2785.0	3060.0	2941.0	2087.0	1895.0	2047.0	2162.0	2174.0
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	2056.0	2370.0	2318.0	2688.0	2172.0	2381.0	2353.0	1669.0	1516.0	1638.0	1730.0	1739.0
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	848.0	980.0	953.0	990.0	926.0	916.0	930.0	883.0	883.0	877.0	600.0	767.0
Indice de Lodos	ml	395.0	483.0	359.0	373.0	398.0	401.0	475.0	435.0	528.0	504.0	421.0	457.0
Oxígeno Disuelto	mg/l	2.3	2.8	2.5	1.7	2.1	2.4	1.9	1.7	2.4	2.6	3.0	2.6

LICOR MEZCLADO EN EL AERADOR 2													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	° C	25.0	26.0	26.0	29.0	30.0	30.0	31.0	31.0	31.0	30.0	28.0	26.0
pH	Unidad	7.4	7.5	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.4
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	2471.0	2305.0	2399.0	2994.0	2433.0	2594.0	2483.0	2023.0	1596.0	1774.0	1864.0	1813.0
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	1928.0	1978.0	1883.0	2385.0	1898.0	2066.0	1986.0	1618.0	1277.0	1373.0	1541.0	942.0
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	585.0	936.0	593.0	977.0	780.0	766.0	580.0	677.0	666.0	713.0	736.0	547.0
Indice de Lodos	ml	323.0	508.0	303.0	400.0	403.0	414.0	359.0	378.0	491.0	538.0	382.0	308.0
Oxígeno Disuelto	mg/l	2.2	2.4	2.8	2.3	2.3	3.0	2.0	1.7	2.6	2.4	2.5	2.1

AYTOB APYXAN
 CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
 VALOR MAXIMO

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERRIO
 CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
 VALOR MAXIMO

EFLUENTE SECUNDARIO													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
pH	Unidad	7.6	7.6	7.8	7.6	7.5	7.5	7.4	7.6	7.6	7.6	7.5	7.4
Turbiedad	Unidad	19.0	28.0	-	-	-	-	-	13.0	-	-	18.5	11.0
D B O ₅	mg/l	-	-	-	-	-	21.4	26.0	24.0	19.0	15.0	26.0	30.0
D Q O ₅	mg/l	-	-	223.0	163.0	166.0	196.0	220.0	246.0	217.0	168.0	182.0	179.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	-	-	-	-	34.0	78.0	54.0	39.0	30.0	39.0	48.0
	Fijos	mg/l	-	-	-	-	6.0	16.0	15.0	12.0	6.0	24.0	22.0
	Volátiles	mg/l	-	-	-	-	34.0	54.0	42.0	26.0	24.0	23.0	32.0
Grasas y Aceites	mg/l	-	-	-	-	-	80.0	82.0	45.0	35.0	31.0	30.0	17.0

AGUA INDUSTRIAL DE MEXICO
CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
VALOR MAXIMO

EFLUENTE														
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
Flujo	lps	245.0	233.0	234.0	236.0	231.0	240.0	263.0	261.0	249.0	240.0	237.0	234.0	
Temperatura	° C	26.0	26.0	27.0	30.0	31.0	33.0	33.0	34.0	32.0	30.0	27.0	26.0	
pH	Unidad	7.1	7.1	7.0	7.1	7.3	7.1	7.2	7.2	7.3	7.2	7.1	7.2	
Color	Unidad	-	-	-	-	-	-	-	-	650.0	755.0	750.0	625.0	
Cloro	Unidad	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.5	1.6	1.3	1.4	1.2	1.2	1.3	
Turbiedad	Unidad	17.0	32.0	23.2	17.0	15.0	16.0	16.0	17.0	-	-	22.0	30.0	
Fosfato (PO ₄)	mg/l	18.0	21.0	31.0	15.0	14.0	15.3	17.0	18.0	14.0	13.0	20.0	17.0	
Alcalinidad Total (Ca CO ₃)	mg/l	383.0	399.0	425.0	418.0	447.0	436.0	445.0	496.0	420.0	364.0	380.0	404.0	
Dureza Total (Ca CO ₃)	mg/l	344.0	366.0	387.0	349.0	353.0	346.0	399.0	407.0	380.0	348.0	366.0	380.0	
Dureza (Ca)	mg/l	281.0	289.0	265.0	291.0	289.0	277.0	324.0	317.0	291.0	283.0	306.0	329.0	
Dureza (Mg)	mg/l	101.0	147.0	97.0	85.0	104.0	70.0	86.0	104.0	101.0	74.0	82.0	75.0	
Calcio	mg/l	112.0	116.0	108.0	116.0	116.0	118.0	132.0	136.0	116.0	133.0	140.0	132.0	
Magnesio	mg/l	24.0	35.0	23.0	20.0	24.0	20.0	21.0	26.0	25.0	22.0	17.0	22.0	
Sulfato	mg/l	-	261.0	290.0	310.0	268.0	280.0	288.0	324.0	318.0	166.0	174.0	174.0	
Cloruro	mg/l	271.0	269.0	271.0	305.0	356.0	312.0	392.0	419.0	384.0	300.0	291.0	314.0	
S.A.A.M.	mg/l	-	10.1	15.0	13.3	10.7	10.7	13.0	6.7	11.0	3.3	2.0	4.7	
D Q O	mg/l	178.0	180.0	179.0	167.0	176.0	178.0	190.0	219.0	162.0	136.0	184.0	154.0	
D B O ₅	mg/l	20.0	18.0	18.0	17.0	20.0	19.0	20.0	18.0	14.0	14.0	22.0	14.0	
Fierro	mg/l	-	1.5	0.8	2.2	1.4	1.3	1.0	0.5	0.4	0.8	0.6	0.6	
SiO ₂	mg/l	-	21.1	23.5	22.5	22.6	26.0	27.0	26.6	25.2	23.5	22.4	21.8	
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1268.0	1224.0	1360.0	1296.0	1344.0	1368.0	1580.0	1696.0	1616.0	1296.0	1199.0	1272.0
	Fijos	mg/l	1044.0	1056.0	1040.0	1168.0	1100.0	1176.0	1320.0	1508.0	1484.0	1104.0	1128.0	1175.0
	Volátiles	mg/l	332.0	320.0	388.0	288.0	316.0	284.0	460.0	196.0	216.0	192.0	200.0	172.0
Sólidos Suspendedos	Totales	mg/l	31.0	32.0	31.0	30.0	30.0	33.0	45.0	47.0	36.0	22.0	25.0	24.0
	Fijos	mg/l	25.0	22.0	27.0	20.0	22.0	10.0	23.0	20.0	29.0	4.0	19.0	10.0
	Volátiles	mg/l	22.0	19.0	22.0	30.0	26.0	32.0	32.0	35.0	14.0	19.0	20.0	14.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1244.0	1197.0	1335.0	1274.0	1317.0	1345.0	1550.0	1680.0	1590.0	1288.0	1177.0	1259.0
	Fijos	mg/l	1036.0	1036.0	1029.0	1168.0	1169.0	1126.0	1319.0	1509.0	1481.0	1068.0	1127.0	1120.0
	Volátiles	mg/l	310.0	312.0	381.0	318.0	297.0	262.0	430.0	190.0	185.0	190.0	180.0	164.0
Grasas y Aceites	mg/l	37.0	66.0	57.0	57.0	38.0	161.0	62.0	36.0	20.0	23.0	28.0	12.0	
Conductividad	micr/cm	1943.0	2031.0	1987.0	2311.0	2440.0	2054.0	2821.0	2660.0	2715.0	2118.0	2588.0	2462.0	

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE C. (A.I.S.U.)
CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
VALOR MINIMO

INFLUENTE														
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
Flujo	lps	155.0	126.0	189.0	192.0	165.0	195.0	244.0	220.0	186.0	180.0	123.0	61.0	
Temperatura	° C	22.0	21.0	21.0	23.0	26.0	27.0	29.0	30.0	29.0	27.0	24.0	22.0	
pH	Unidad	7.0	7.1	6.9	7.0	6.9	7.0	6.9	7.0	7.0	7.1	7.2	7.2	
Fosfatos Totales	mg/l	9.0	11.0	11.0	12.0	11.0	9.0	15.0	13.0	11.0	9.0	9.0	11.0	
D B O ₅	mg/l	250.0	230.0	220.0	210.0	270.0	220.0	320.0	270.0	180.0	140.0	215.0	330.0	
D Q O	mg/l	1069.0	971.0	943.0	941.0	941.0	808.0	1098.0	1115.0	661.0	838.0	703.0	1019.0	
Sólidos Sedimentables	ml/l	19.0	20.0	17.0	18.0	23.0	10.0	9.0	4.0	7.0	6.0	9.5	8.0	
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1428.0	1376.0	1380.0	1492.0	1584.0	1600.0	1848.0	2152.0	1508.0	1284.0	1420.0	1630.0
	Fijos	mg/l	800.0	732.0	816.0	836.0	1024.0	1004.0	1140.0	1420.0	1060.0	988.0	927.0	1109.0
	Volátiles	mg/l	604.0	328.0	348.0	500.0	512.0	576.0	528.0	556.0	388.0	392.0	377.0	521.0
Sólidos Suspendedos	Totales	mg/l	300.0	340.0	300.0	240.0	420.0	360.0	400.0	448.0	324.0	260.0	264.0	496.0
	Fijos	mg/l	48.0	48.0	44.0	76.0	80.0	108.0	100.0	160.0	100.0	52.0	76.0	148.0
	Volátiles	mg/l	288.0	180.0	188.0	180.0	340.0	236.0	332.0	288.0	224.0	188.0	188.0	308.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	944.0	1036.0	996.0	1040.0	1076.0	1052.0	1328.0	1512.0	1012.0	1000.0	1064.0	1111.0
	Fijos	mg/l	512.0	720.0	652.0	712.0	900.0	694.0	1244.0	1300.0	858.0	812.0	851.0	814.0
	Volátiles	mg/l	168.0	180.0	140.0	132.0	104.0	232.0	120.0	136.0	128.0	162.0	141.0	151.0
Fierro	mg/l	-	0.1	0.2	0.4	0.2	0.9	0.9	0.9	0.4	0.4	0.5	0.7	
S.A.A.M.	mg/l	-	24.0	19.7	18.3	18.0	17.3	23.0	19.0	11.2	17.7	16.5	22.3	
Grasas y Aceites	mg/l	74.0	114.0	101.0	86.0	76.0	111.0	132.0	134.0	134.0	78.0	112.0	110.0	

Lodos de Retorno													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	5296	6051	5384	5872	3157	5804	3410	4272	3865	3181	3725	3791
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	860	1000	980	993	870	923	843	963	983	950	957	843
Indice de Lodos	ml	128	123	106	98	107	104	110	132	153	172	168	172

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U. (A.I.S.U.)
CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
VALOR MINIMO

EFLUENTE PRIMARIO													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
pH	Unidad	6.8	7.0	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.2	7.1	6.9	6.9
D B O ₅	mg/l	-	-	-	-	-	120.0	190.0	130.0	120.0	90.0	83.0	100.0
D Q O	mg/l	-	-	440.0	369.0	440.0	343.0	400.0	495.0	333.0	336.0	333.0	377.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	-
Sólidos Suspendingos	Totales	mg/l	-	-	-	-	118.0	134.0	118.0	72.0	66.0	62.0	70.0
	Fijos	mg/l	-	-	-	-	10.0	18.0	23.0	24.0	16.0	14.0	24.0
	Volátiles	mg/l	-	-	-	-	110.0	124.0	100.0	66.0	40.0	44.0	48.0
Grasas y Aceites	mg/l	-	-	-	-	-	33.0	66.0	44.0	30.0	23.0	27.0	11.0

LICOR MEZCLADO EN EL AEREADOR 1													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	° C	23.0	22.0	23.0	25.0	28.0	27.0	29.0	30.0	28.0	27.0	25.0	23.0
pH	Unidad	7.0	7.2	7.1	7.2	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Sólidos Suspendingos Totales	mg/l	1965.0	2060.0	1935.0	2098.0	1447.0	1687.0	949.0	1357.0	1453.0	1340.0	1358.0	1435.0
Sólidos Suspendingos Volátiles	mg/l	1533.0	1538.0	1509.0	1779.0	1359.0	1316.0	759.0	1086.0	1162.0	1072.0	1086.0	1148.0
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	315.0	693.0	237.0	563.0	266.0	213.0	213.0	273.0	327.0	210.0	257.0	216.0
Indice de Lodos	ml	151.0	271.0	113.0	252.0	186.0	126.0	166.0	154.0	211.0	147.0	161.0	133.0
Oxígeno Disuelto	mg/l	1.0	0.9	1.0	0.8	1.0	0.9	0.9	0.6	1.3	0.8	0.7	0.5

LICOR MEZCLADO EN EL AEREADOR 2													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	° C	23.0	22.0	23.0	25.0	28.0	28.0	29.0	30.0	28.0	27.0	25.0	23.0
pH	Unidad	7.0	7.2	7.1	7.2	7.0	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.0	7.1
Sólidos Suspendingos Totales	mg/l	1660.0	1715.0	1654.0	1781.0	1375.0	1589.0	836.0	1172.0	1200.0	1137.0	1123.0	1177.0
Sólidos Suspendingos Volátiles	mg/l	1295.0	1338.0	1290.0	1389.0	1073.0	1229.0	669.0	938.0	972.0	909.0	898.0	1450.0
Sedimentabilidad en 30'	ml/l	164.0	376.0	210.0	416.0	163.0	200.0	196.0	253.0	287.0	187.0	217.0	193.0
Indice de Lodos	ml	147.0	167.0	110.0	174.0	166.0	121.0	128.0	146.0	186.0	139.0	176.0	128.0
Oxígeno Disuelto	mg/l	1.2	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	1.0	0.8	0.6	0.4

AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE C. (AIMS)
 CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
 VALOR MINIMO

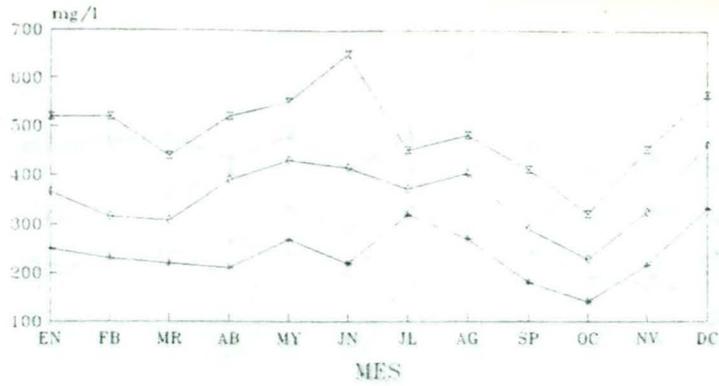
EFLUENTE SECUNDARIO													
	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
pH	Unidad	7.0	7.3	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2	7.1	7.1
Turbiedad	Unidad	5.0	7.0	-	-	-	-	-	7.0	-	-	8.2	6.3
D B O ₅	mg/l	-	-	-	-	-	10.0	16.0	11.0	8.0	8.0	8.0	10.0
D Q O	mg/l	-	-	110.0	110.0	81.0	106.0	170.0	181.0	118.0	86.0	76.0	104.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	-	-	-	-	14.0	32.0	16.0	29.0	12.0	9.0	8.0
	Fijos	mg/l	-	-	-	-	0.0	2.0	3.0	3.0	2.0	1.0	1.0
	Volátiles	mg/l	-	-	-	-	-	12.0	32.0	12.0	11.0	5.0	3.0
Grasas y Aceites	mg/l	-	-	-	-	-	27.0	37.0	22.0	6.0	15.0	5.0	5.0

CONTROL ANALITICO DIARIO PARA EL VALOR MINIMO

EFLUENTE

	Unidad	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
Flujo	lps	142.0	170.0	182.0	189.0	161.0	168.0	215.0	213.0	106.0	185.0	126.0	51.0	
Temperatura	° C	21.0	22.0	21.0	25.0	28.0	28.0	30.0	32.0	30.0	27.0	24.0	22.0	
pH	Unidad	6.8	6.9	6.6	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	
Color	Unidad	-	-	-	-	-	-	-	-	350.0	375.0	375.0	125.0	
Cloro	Unidad	0.7	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	
Turbiedad	Unidad	8.0	9.0	8.3	7.0	7.0	8.0	8.0	12.0	-	-	10.0	7.5	
Fosfato (PO ₄)	mg/l	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	10.0	9.0	8.0	8.0	
Alcalinidad Total (Ca CO ₃)	mg/l	289.0	333.0	344.0	347.0	291.0	241.0	340.0	412.0	252.0	305.0	300.0	331.0	
Dureza Total (Ca CO ₃)	mg/l	274.0	239.0	217.0	231.0	291.0	221.0	320.0	352.0	290.0	316.0	313.0	339.0	
Dureza (Ca)	mg/l	220.0	171.0	214.0	231.0	219.0	203.0	261.0	272.0	217.0	237.0	262.0	273.0	
Dureza (Mg)	mg/l	38.0	50.0	36.0	41.0	44.0	38.0	42.0	62.0	51.0	42.0	44.0	35.0	
Calcio	mg/l	88.0	68.0	84.0	92.0	88.0	83.0	107.0	109.0	87.0	101.0	105.0	109.0	
Magnesio	mg/l	9.0	13.0	9.0	10.0	7.0	9.0	10.0	15.0	14.0	10.0	11.0	8.0	
Sulfato	mg/l	-	204.0	192.0	220.0	190.0	200.0	247.0	243.0	128.0	82.0	110.0	110.0	
Cloruro	mg/l	157.0	166.0	196.0	241.0	225.0	229.0	307.0	299.0	224.0	237.0	224.0	233.0	
S.A.A.M.	mg/l	-	2.0	3.0	3.5	2.3	4.0	5.6	4.3	2.0	0.2	0.7	1.7	
D Q O	mg/l	84.0	103.0	89.0	85.0	98.0	100.0	130.0	135.0	65.0	113.0	98.0	107.0	
D B O ₅	mg/l	7.0	7.0	2.0	6.0	7.0	11.0	9.0	7.0	7.0	5.0	5.0	4.0	
Fierro	mg/l	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	
SiO ₂	mg/l	-	12.5	10.0	15.0	10.5	16.3	21.0	20.6	16.0	16.9	14.2	13.5	
Sólidos Totales	Totales	mg/l	808.0	876.0	908.0	976.0	1024.0	716.0	1260.0	1352.0	1140.0	935.0	980.0	1005.0
	Fijos	mg/l	676.0	700.0	556.0	772.0	860.0	452.0	1000.0	900.0	840.0	868.0	828.0	940.0
	Volátiles	mg/l	120.0	64.0	60.0	92.0	72.0	128.0	140.0	116.0	88.0	112.0	75.0	65.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	7.0	7.0	8.0	12.0	9.0	10.0	20.0	12.0	11.0	6.0	3.0	6.0
	Fijos	mg/l	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	3.0	3.0	1.0	1.0	1.0
	Volátiles	mg/l	4.0	5.0	5.0	8.0	6.0	10.0	18.0	8.0	2.0	5.0	1.0	2.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	794.0	683.0	706.0	945.0	1004.0	921.0	1323.0	1156.0	1067.0	932.0	970.0	961.0
	Fijos	mg/l	675.0	570.0	551.0	738.0	856.0	754.0	1070.0	1063.0	837.0	821.0	824.0	937.0
	Volátiles	mg/l	107.0	51.0	50.0	80.0	62.0	101.0	117.0	107.0	66.0	104.0	50.0	58.0
Grasas y Aceites	mg/l	5.0	14.0	10.0	9.0	8.0	32.0	30.0	14.0	4.0	11.0	4.0	3.0	
Conductividad	micr/cm	1148.0	942.0	1619.0	1584.0	1394.0	1113.0	1789.0	2171.0	1736.0	1557.0	1032.0	1393.0	

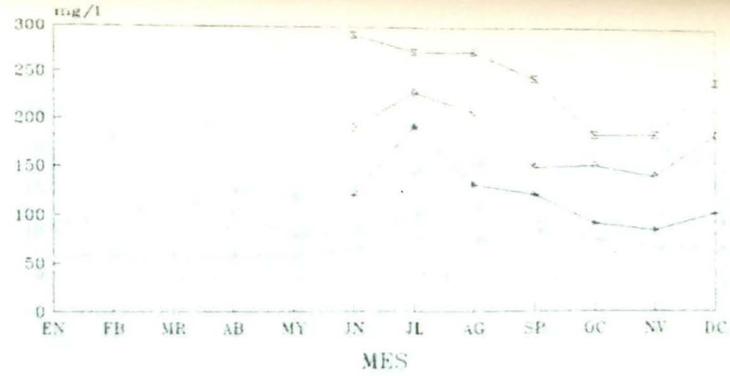
INFLUENTE
POST D B O 5



—○— PROMEDIO —□— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

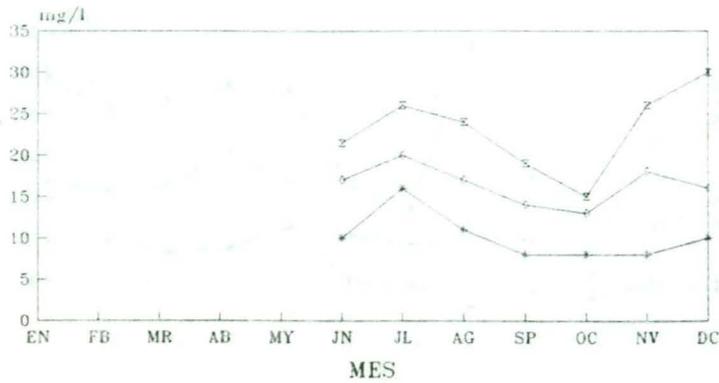
EFLUENTE PRIMARIO
POST D B O 5



—○— PROMEDIO —□— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

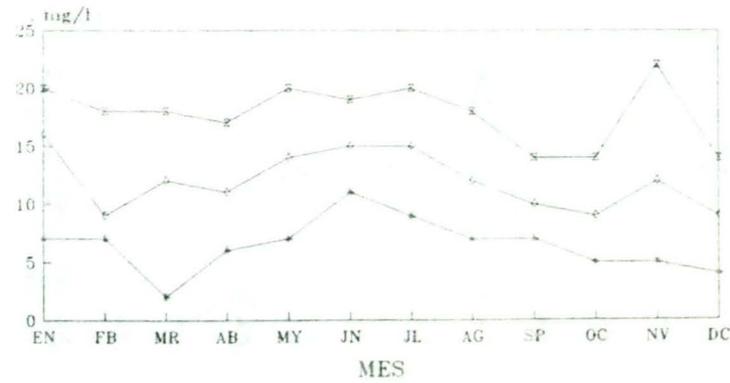
EFLUENTE SECUNDARIO
POST D B O 5



—○— PROMEDIO —□— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

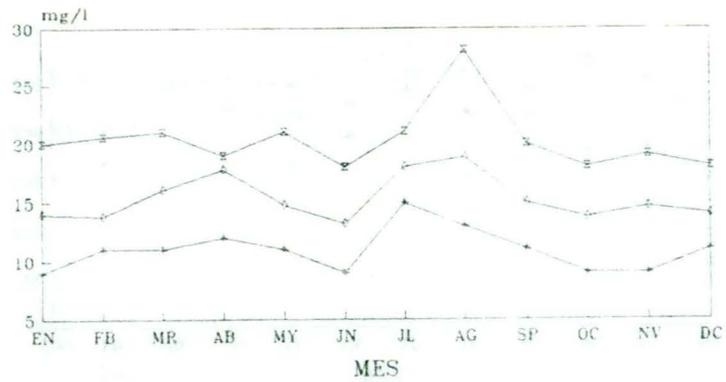
EFLUENTE
POST D B O 5



—○— PROMEDIO —□— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

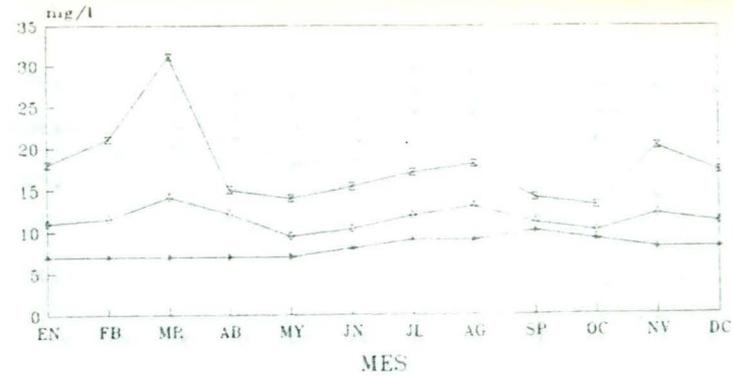
INFLUENTE
FOSFATOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

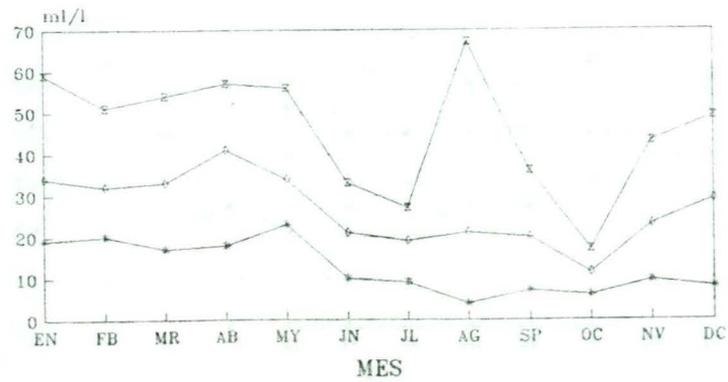
EFLUENTE
FOSFATOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

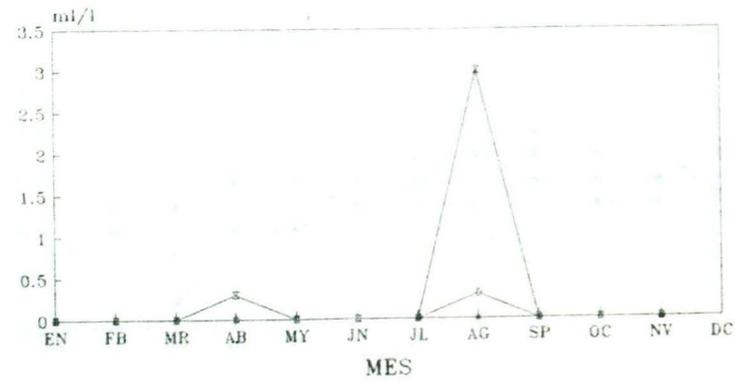
INFLUENTE
SOLIDOS SEDIMENTABLES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

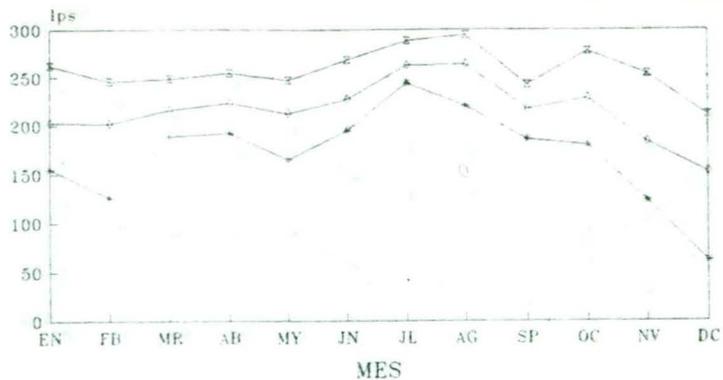
EFLUENTE SECUNDARIO
SOLIDOS SEDIMENTABLES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

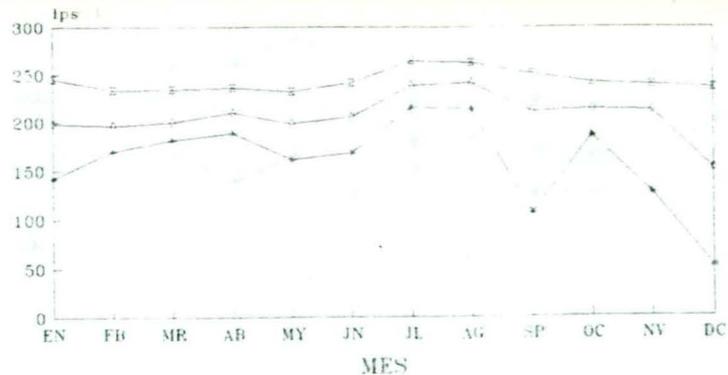
INFLUENTE FLUJO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

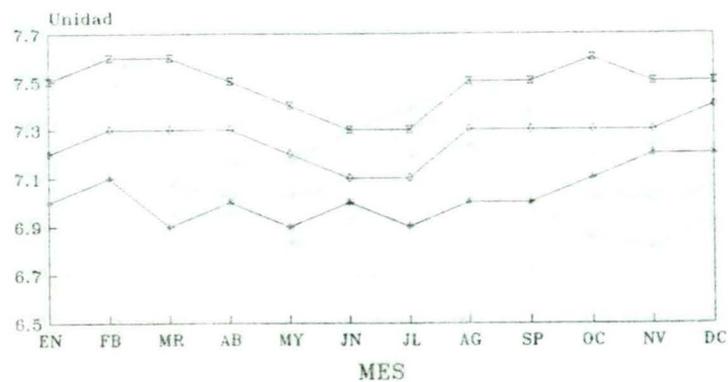
EFLUENTE FLUJO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

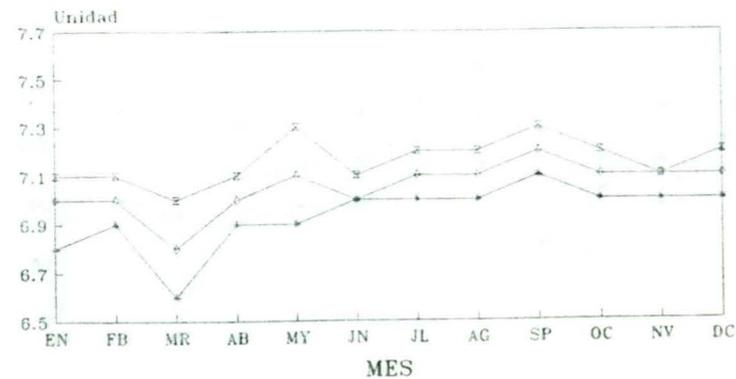
INFLUENTE pH



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

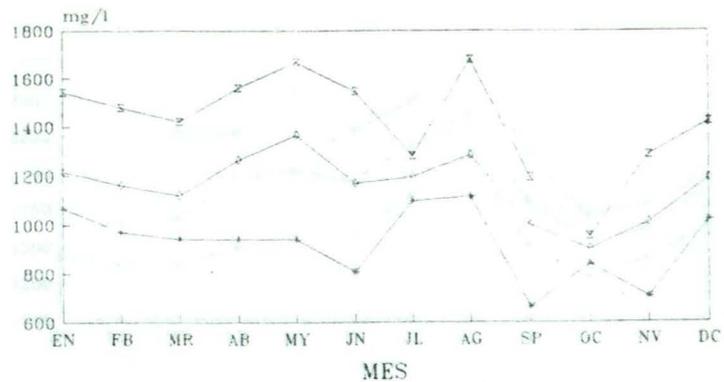
EFLUENTE pH



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

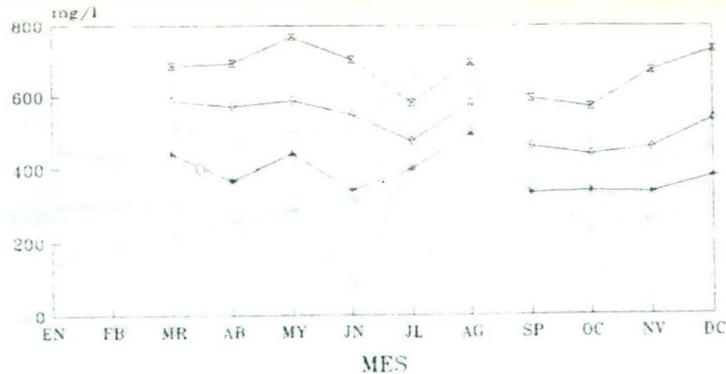
INFLUENTE
SOLIDO D Q O



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

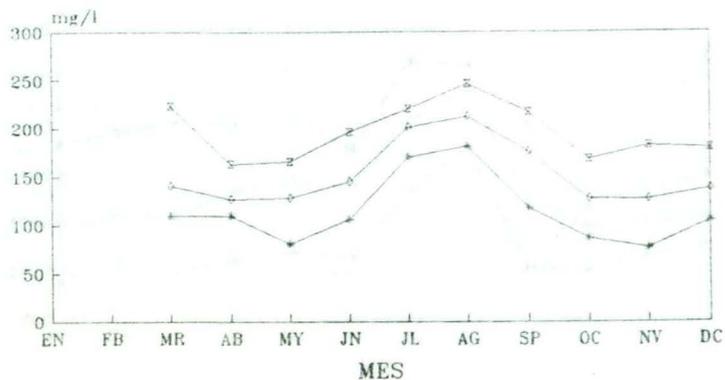
EFLUENTE PRIMARIO
SOLIDO D Q O



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

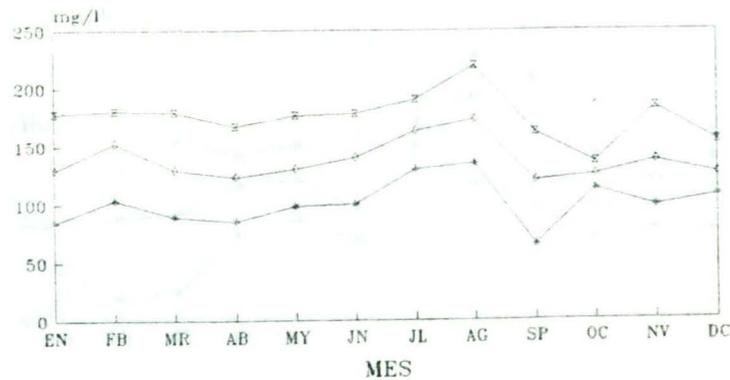
EFLUENTE SECUNDARIO
SOLIDO D Q O



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

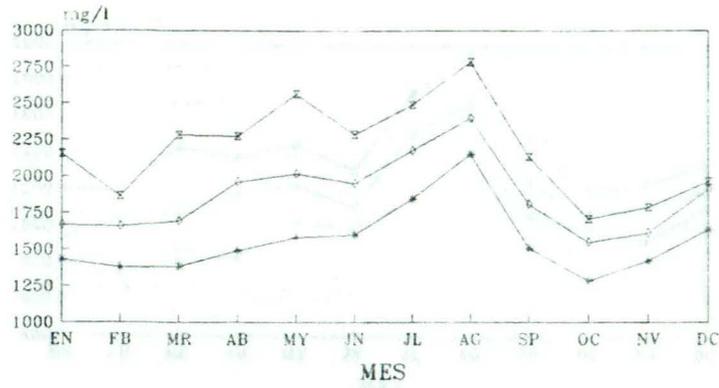
EFLUENTE
SOLIDO D Q O



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

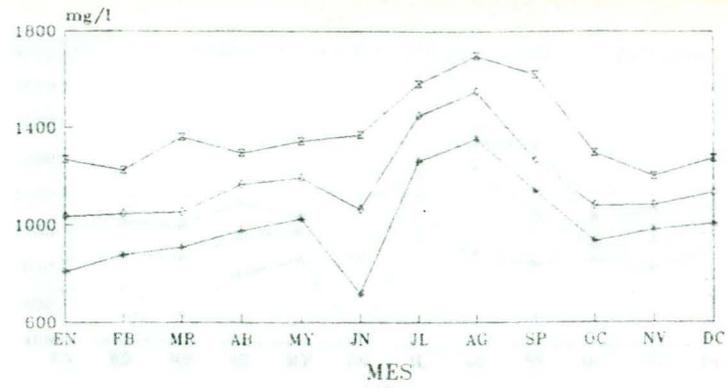
INFLUENTE
SOLIDOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

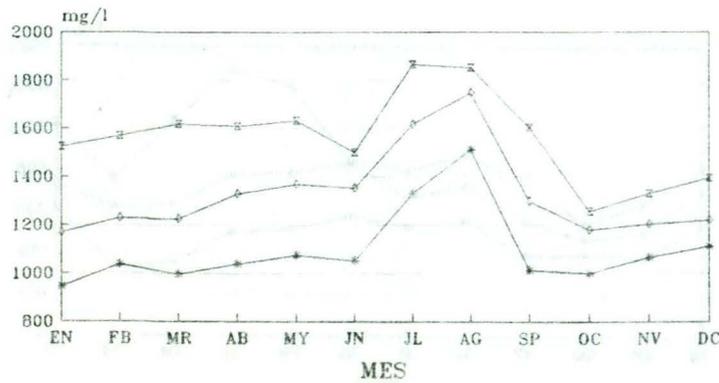
EFLUENTE
SOLIDOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

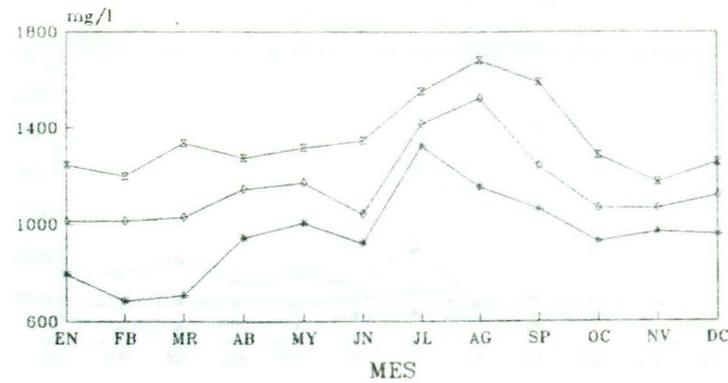
INFLUENTE
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

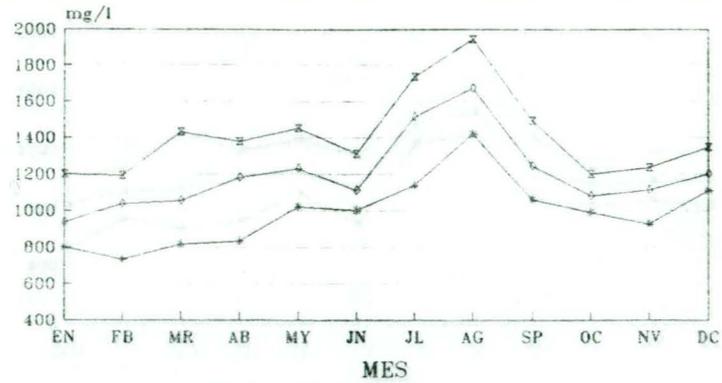
EFLUENTE
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

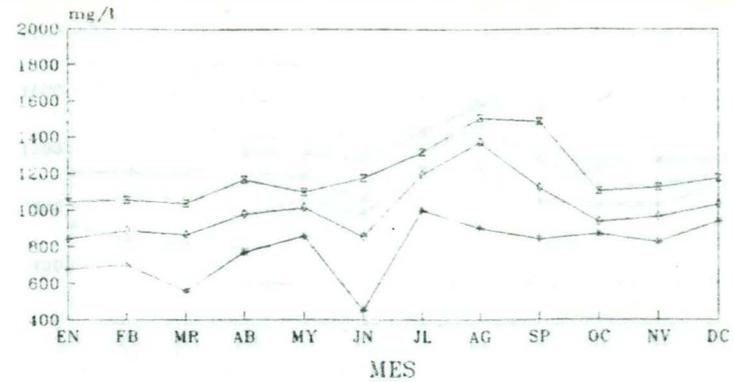
INFLUENTE
SOLIDOS TOTALES FIJOS



—◇— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

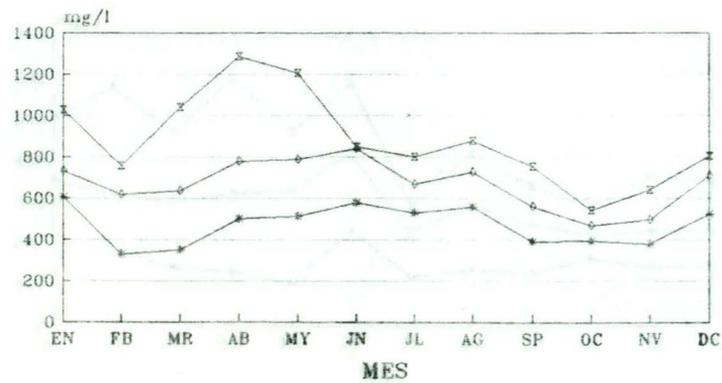
EFLUENTE
SOLIDOS TOTALES FIJOS



—◇— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

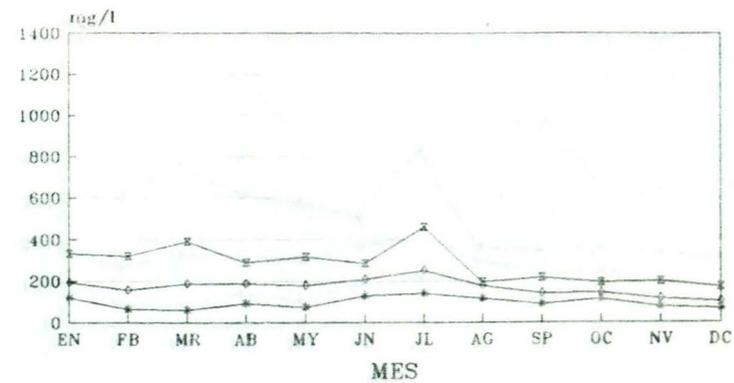
INFLUENTE
SOLIDOS TOTALES VOLATILES



—◇— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

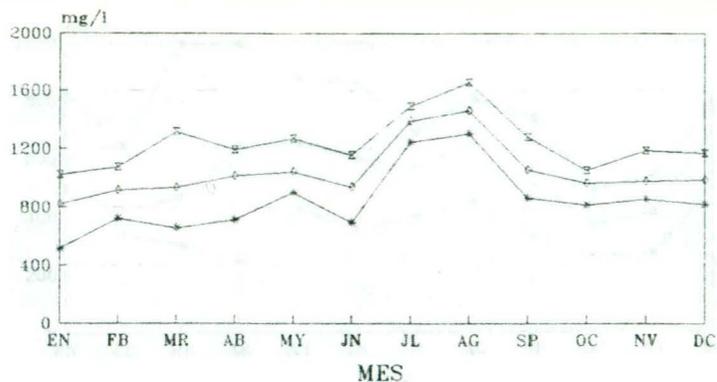
EFLUENTE
SOLIDOS TOTALES VOLATILES



—◇— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

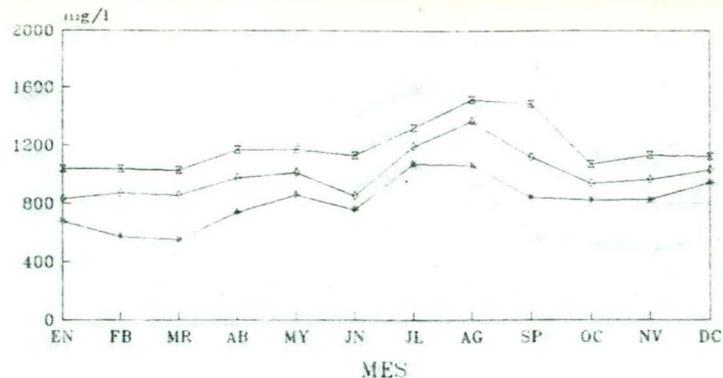
INFLUENTE
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

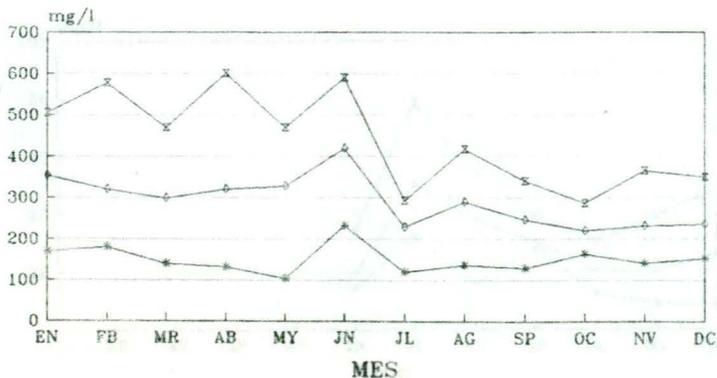
EFLUENTE
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

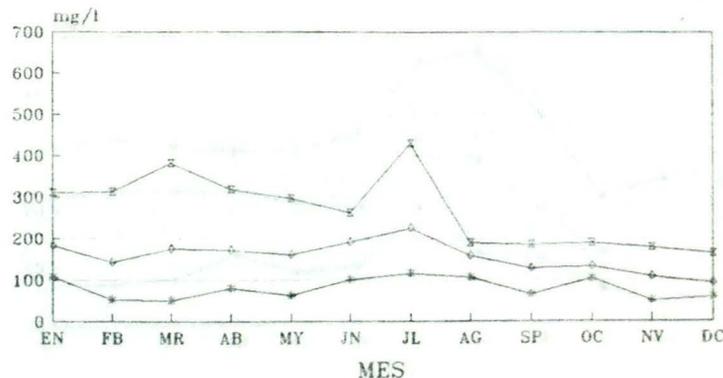
INFLUENTE
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

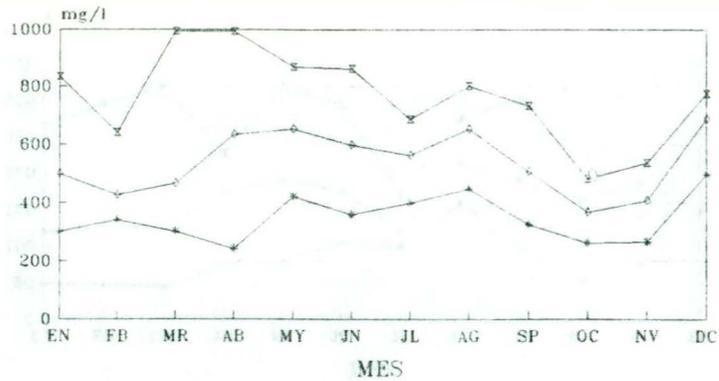
EFLUENTE
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

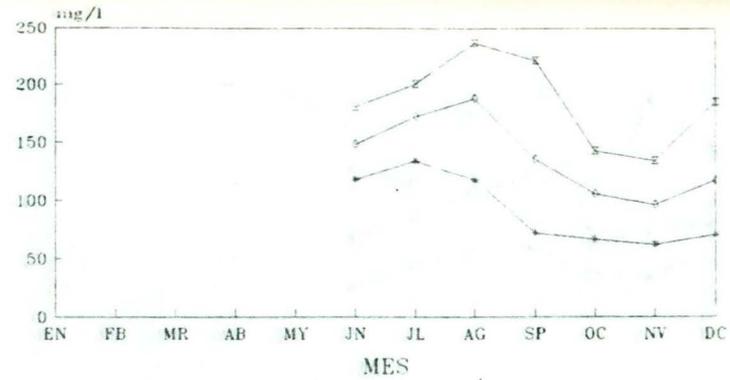
INFLUENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

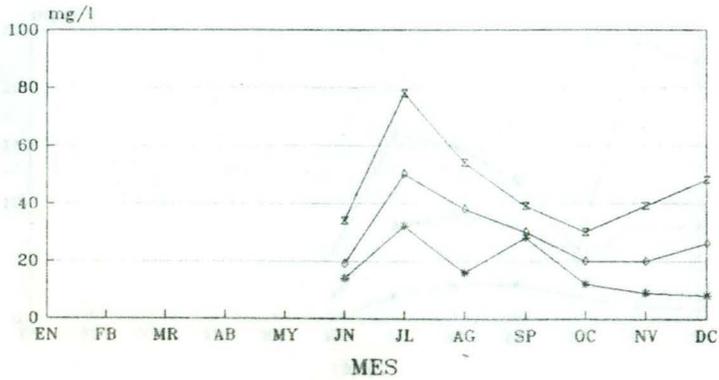
EFLUENTE PRIMARIO
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

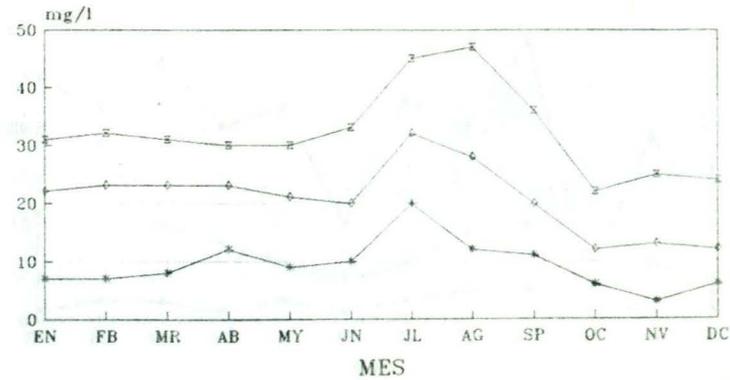
EFLUENTE SECUNDARIO
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

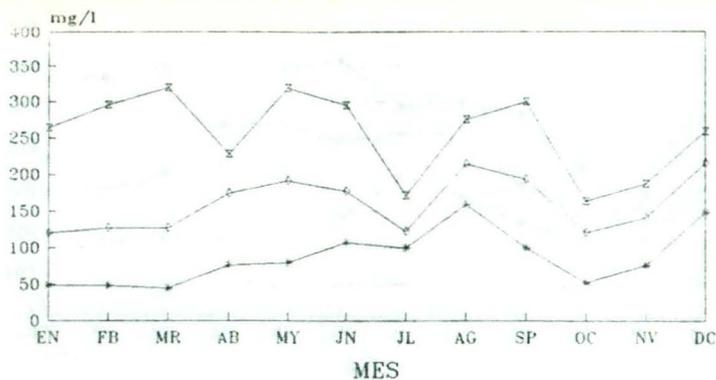
EFLUENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

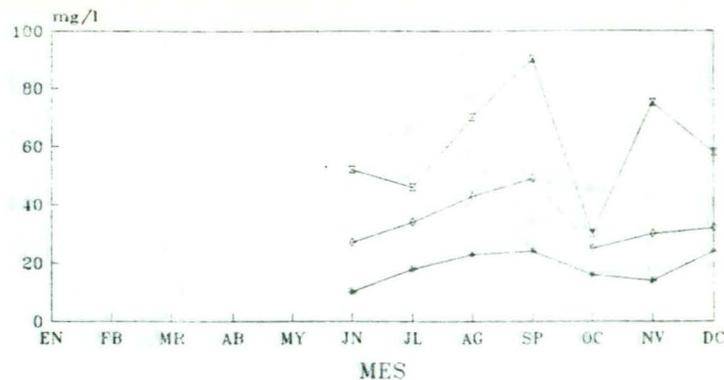
INFLUENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

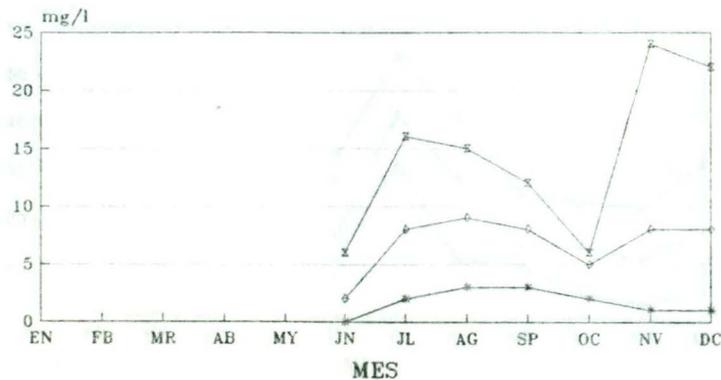
EFLUENTE PRIMARIO
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

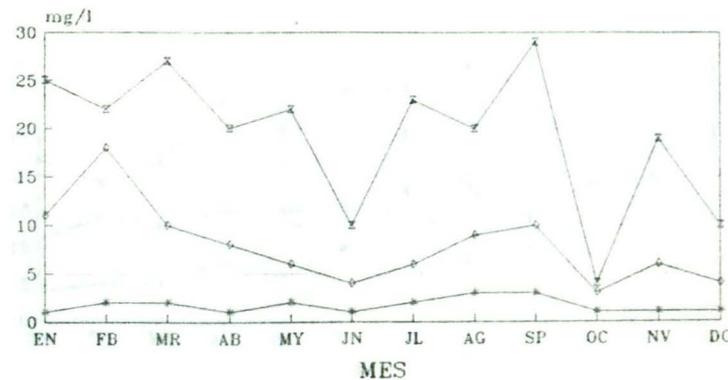
EFLUENTE SECUNDARIO
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

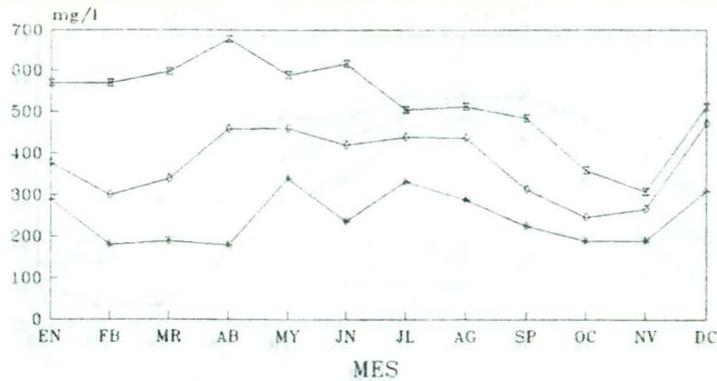
EFLUENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

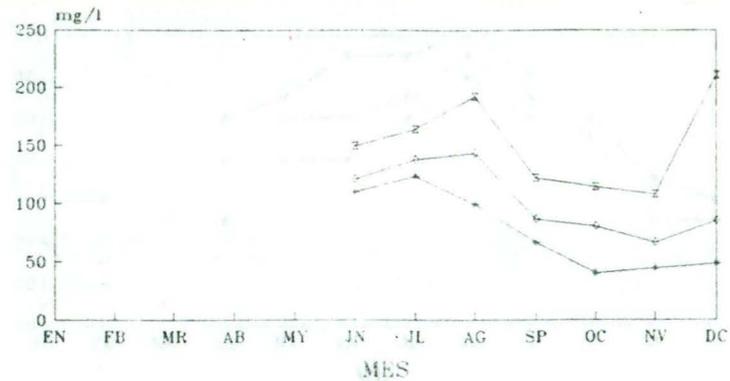
INFLUENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

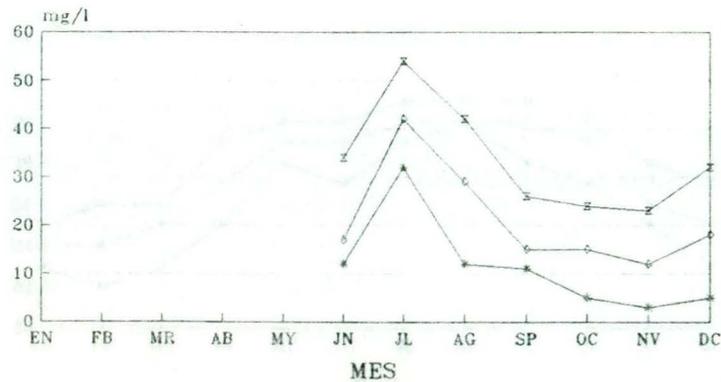
EFLUENTE PRIMARIO
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

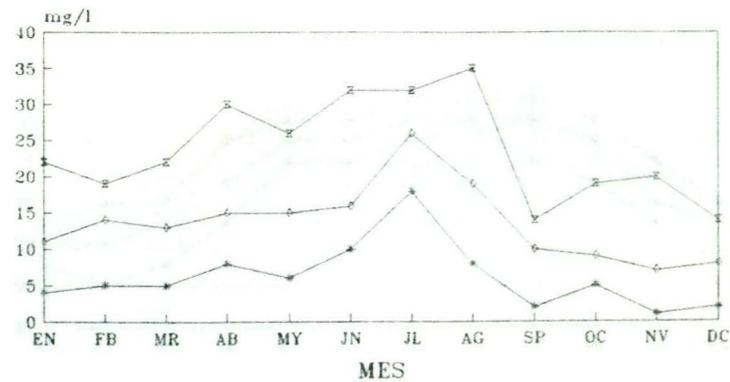
EFLUENTE SECUNDARIO
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

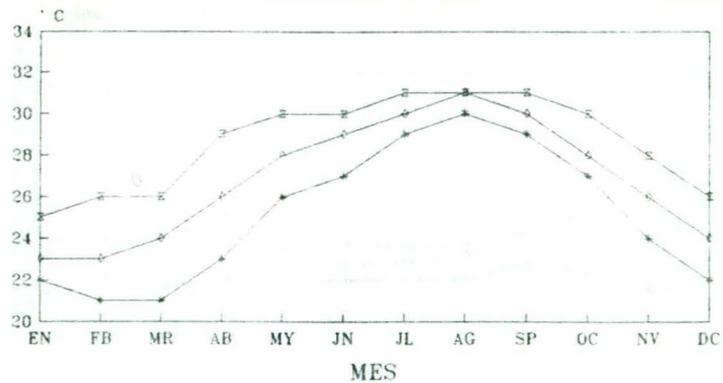
EFLUENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

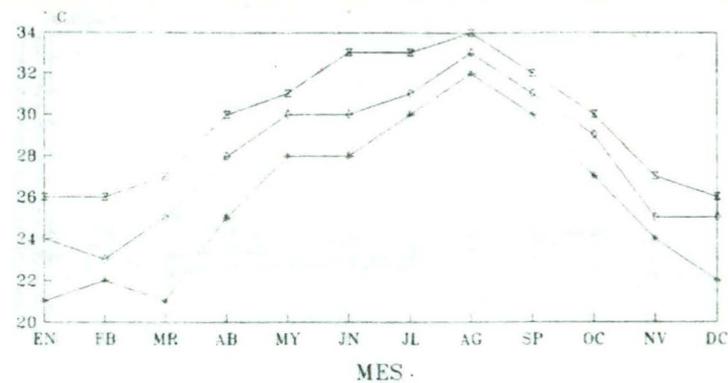
INFLUENTE
TEMPERATURA



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

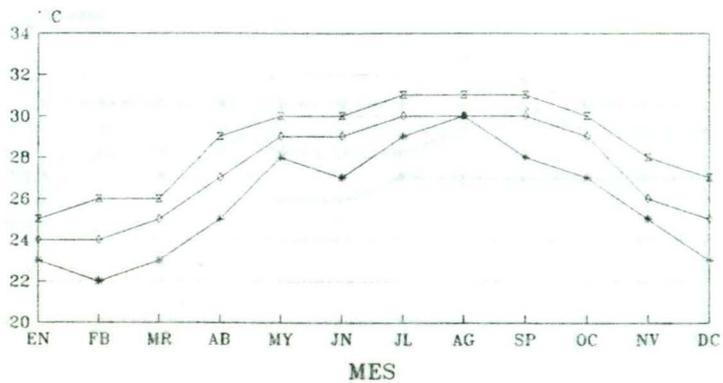
EFLUENTE
TEMPERATURA



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

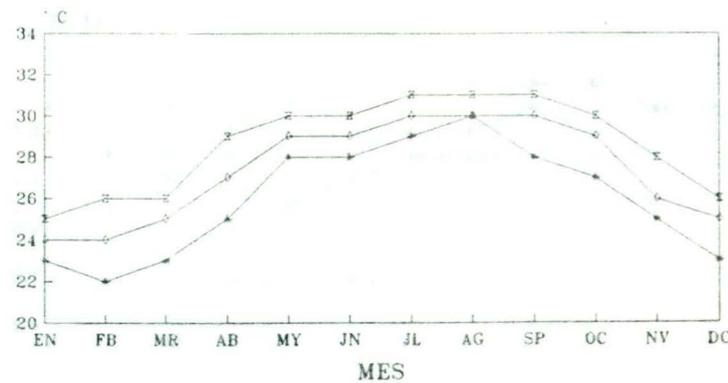
AERADOR 1
TEMPERATURA



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

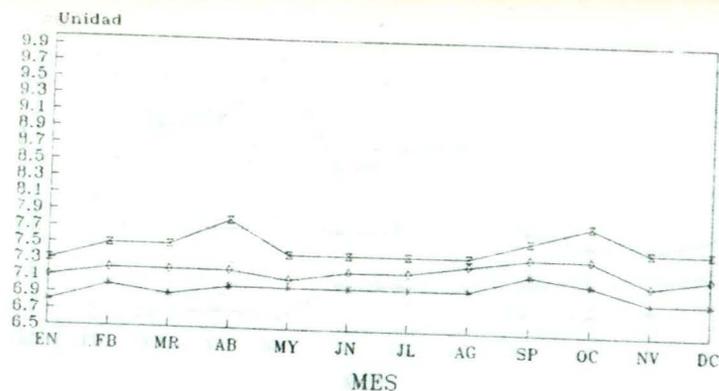
AERADOR 2
TEMPERATURA



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

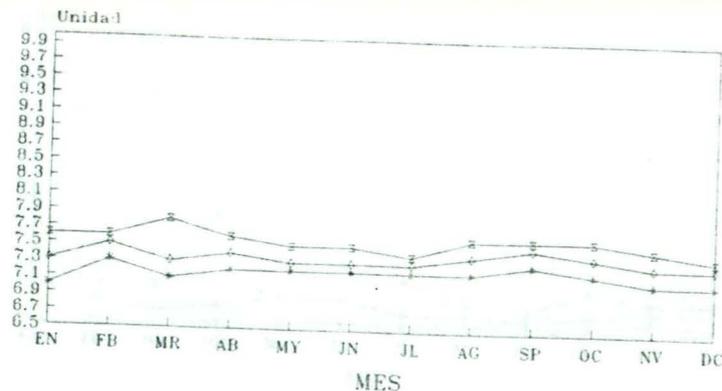
EFLUENTE PRIMARIO
pH



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

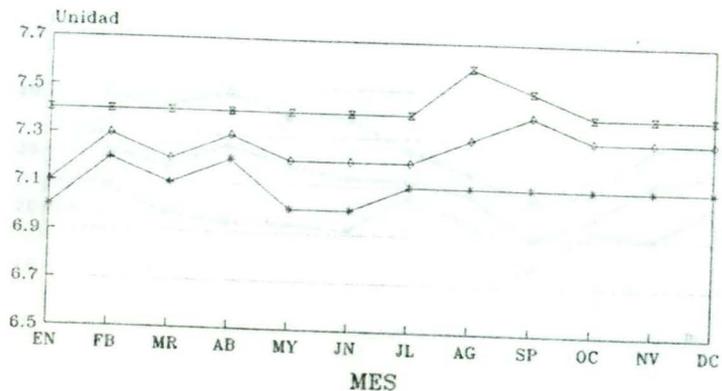
EFLUENTE SECUNDARIO
pH



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

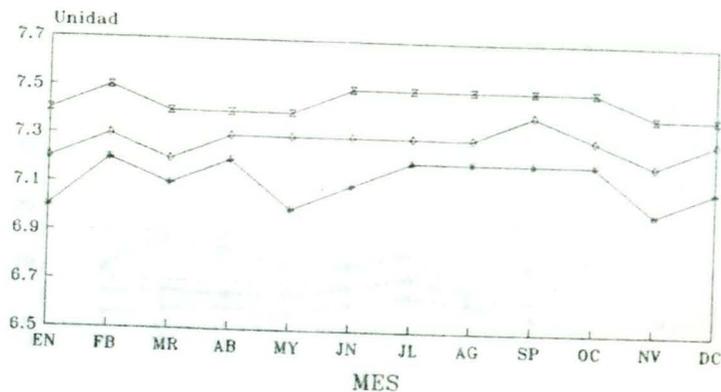
AEREAADOR 1
pH



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

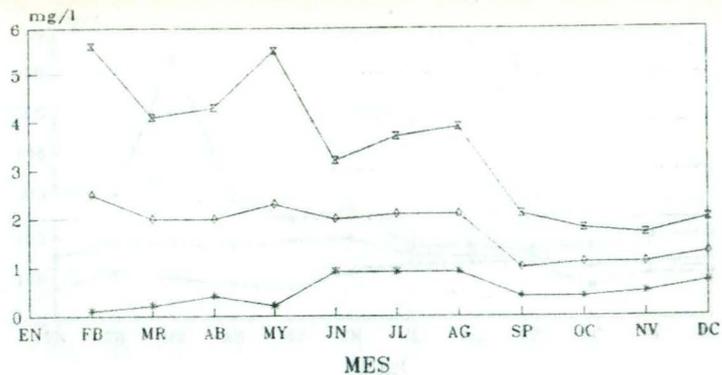
AEREAADOR 2
pH



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

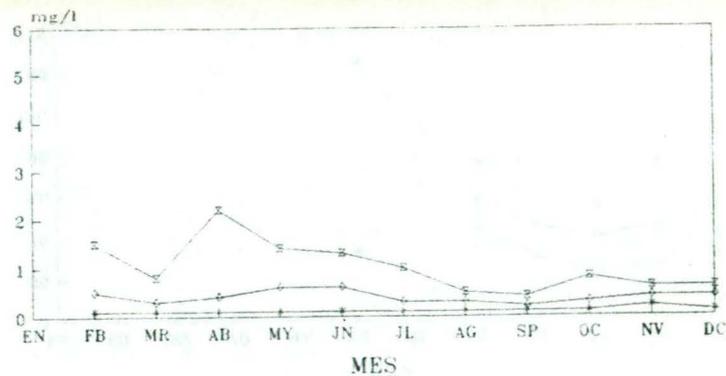
INFLUENTE
FIERRO



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

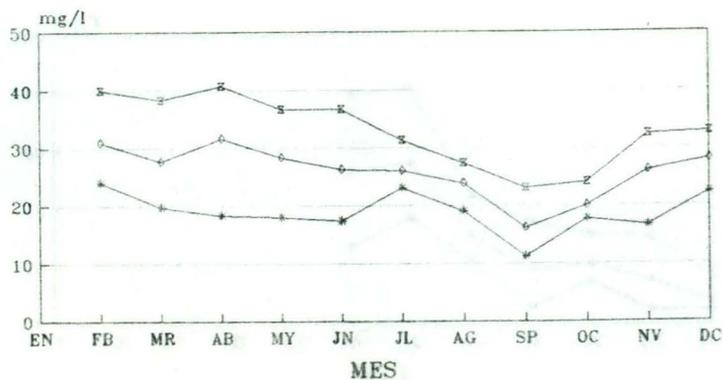
EFLUENTE
FIERRO



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

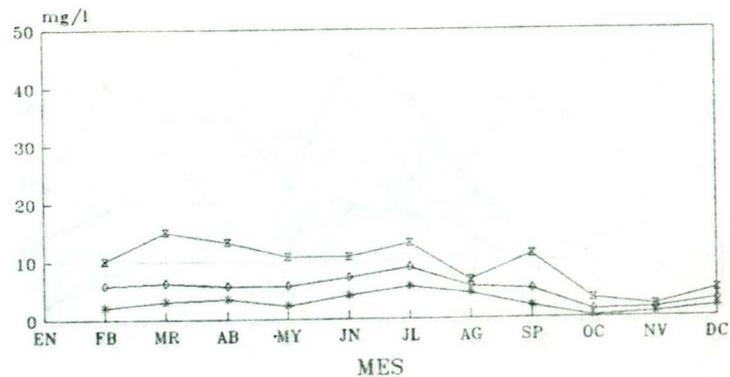
INFLUENTE
S.A.A.M.



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

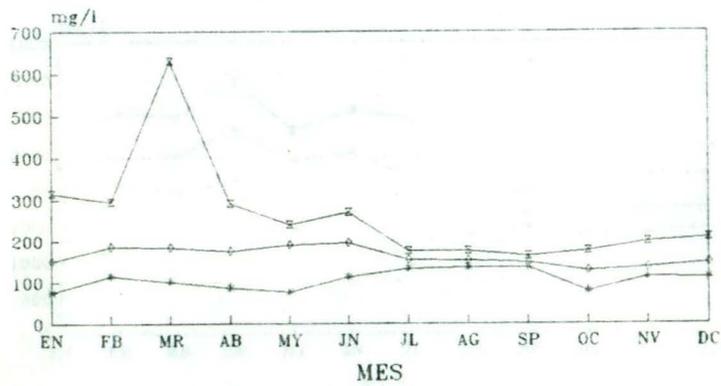
EFLUENTE
S.A.A.M.



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

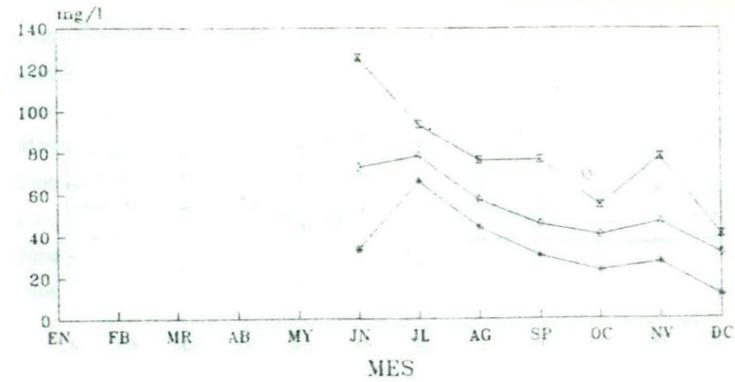
INFLUENTE GRASAS Y ACEITES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

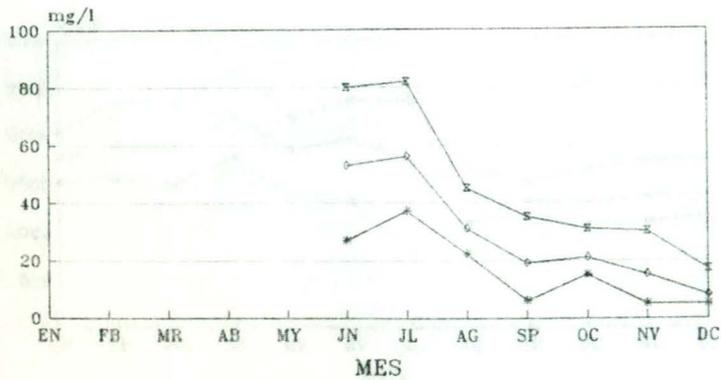
EFLUENTE PRIMARIO GRASAS Y ACEITES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

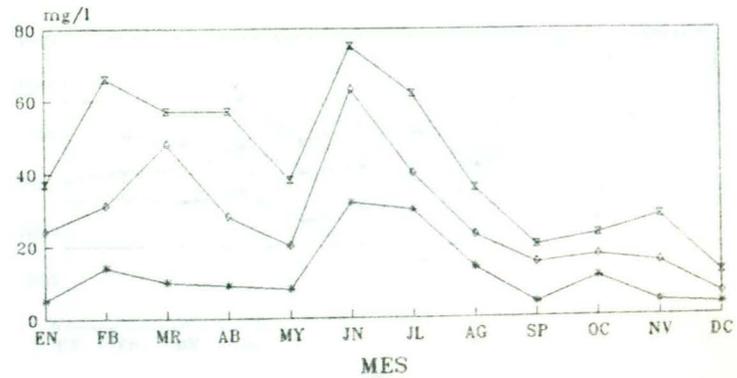
EFLUENTE SECUNDARIO GRASAS Y ACEITES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

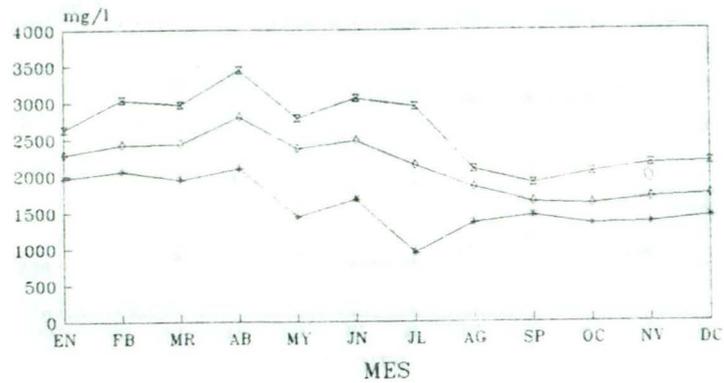
EFLUENTE GRASAS Y ACEITES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

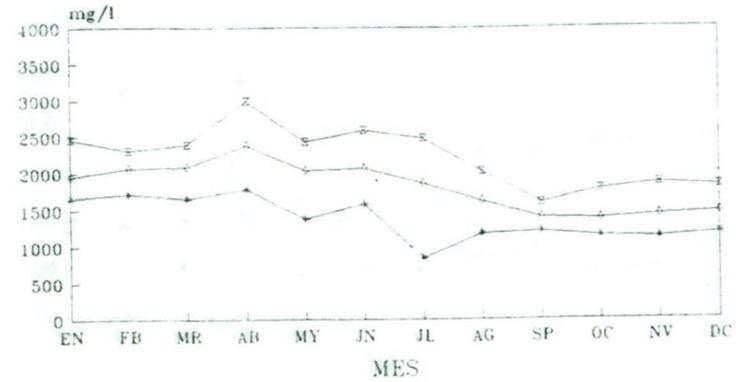
AERADOR 1
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

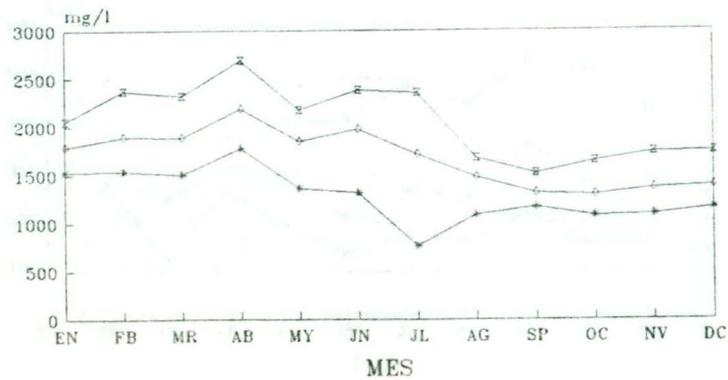
AERADOR 2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

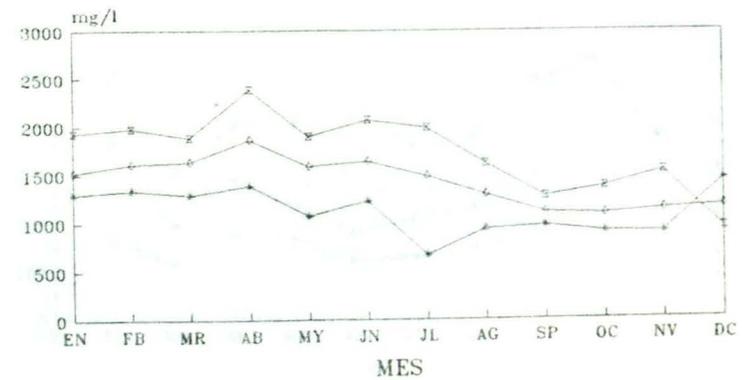
AERADOR 1
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

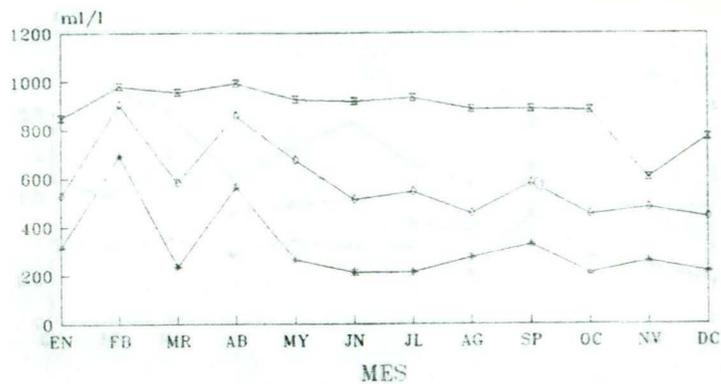
AERADOR 2
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —▲— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

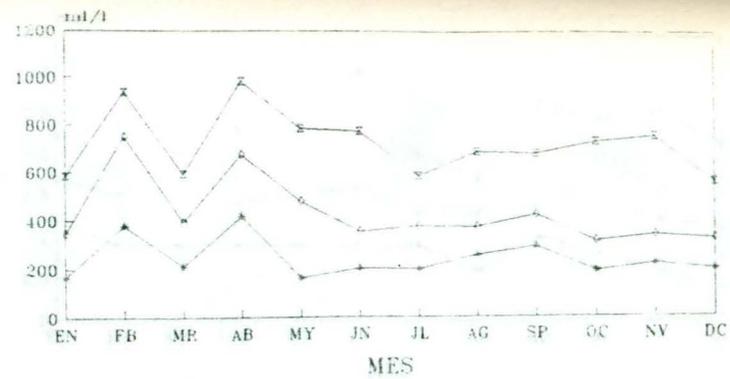
AERADOR 1
SEDIMENTABILIDAD EN 30'



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

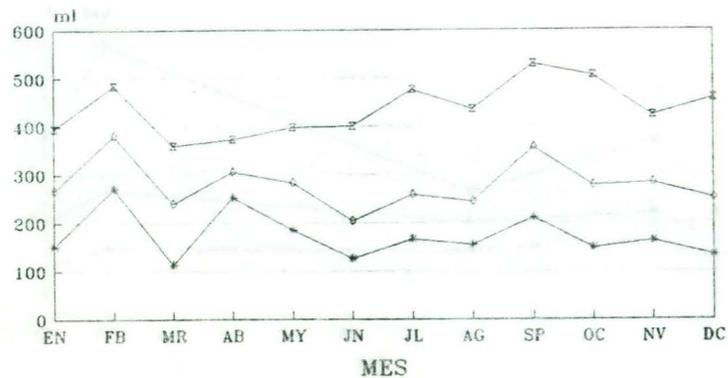
AERADOR 2
SEDIMENTABILIDAD EN 30'



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

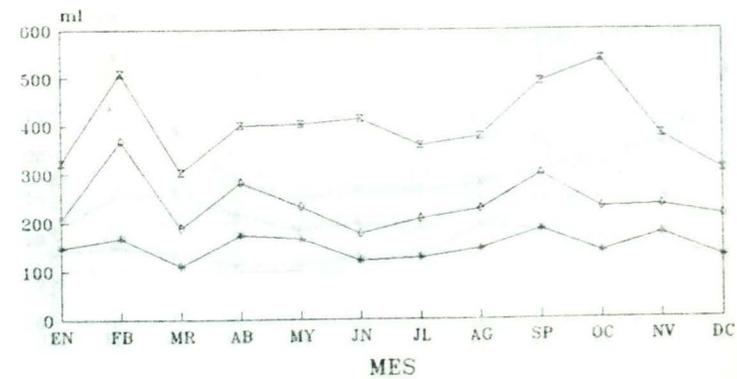
AERADOR 1
INDICE DE LODOS



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

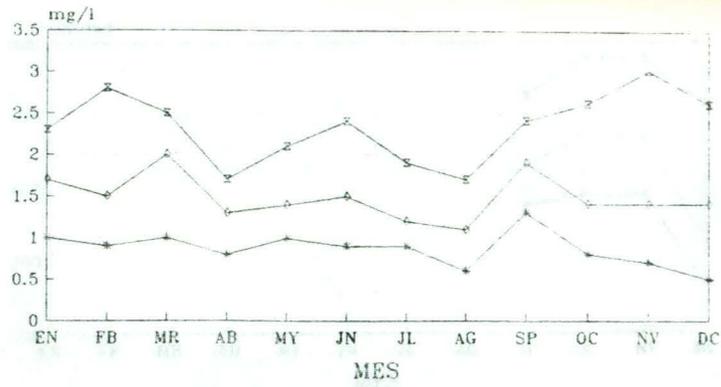
AERADOR 2
INDICE DE LODOS



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : ADMSU)

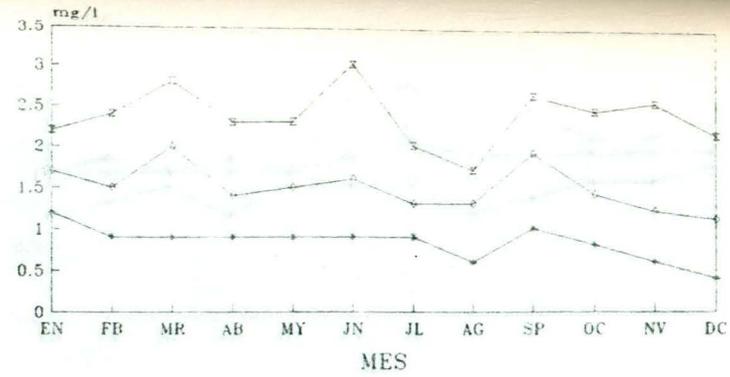
AEREAADOR 1
OXIGENO DISUELTO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

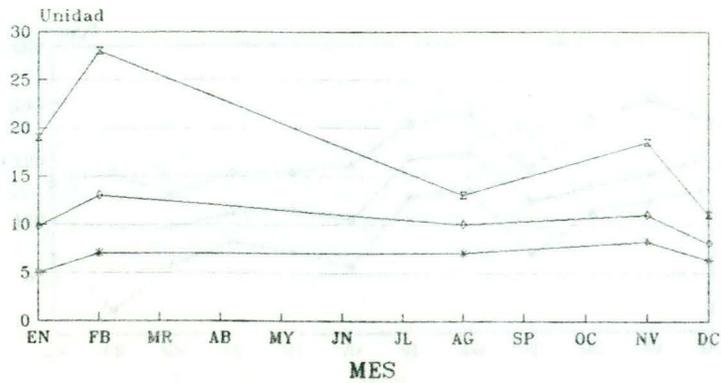
AEREAADOR 2
OXIGENO DISUELTO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

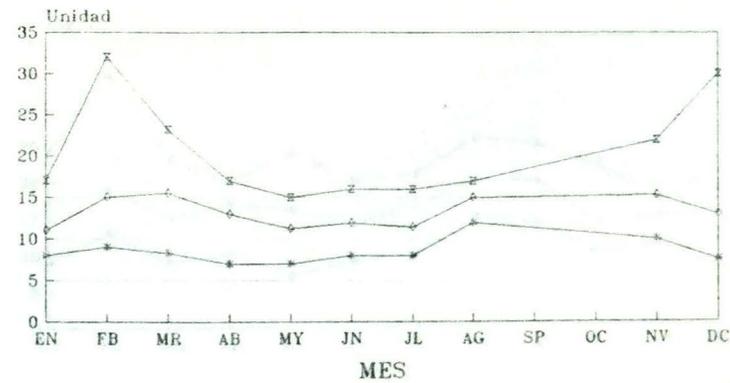
EFLUENTE SECUNDARIO
TURBIEDAD



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

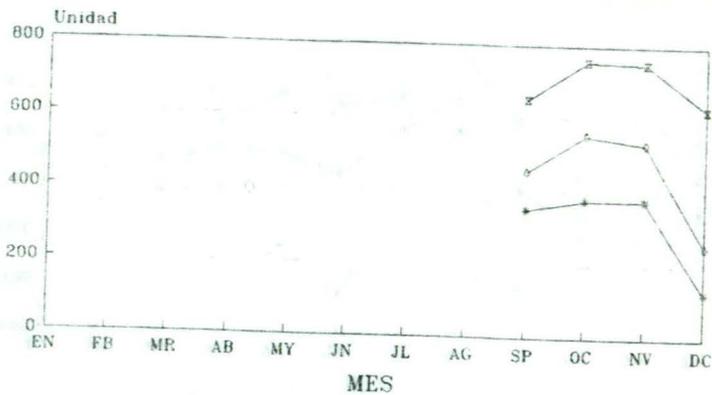
EFLUENTE
TURBIEDAD



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

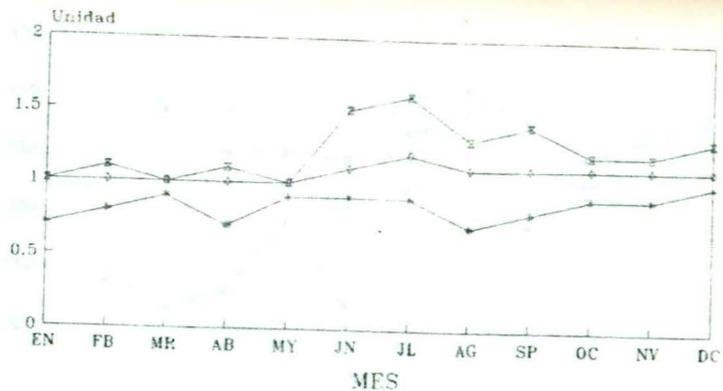
EFLUENTE COLOR



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

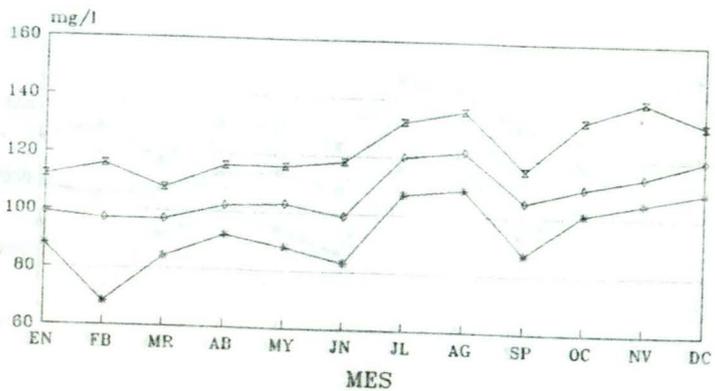
EFLUENTE CLORO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

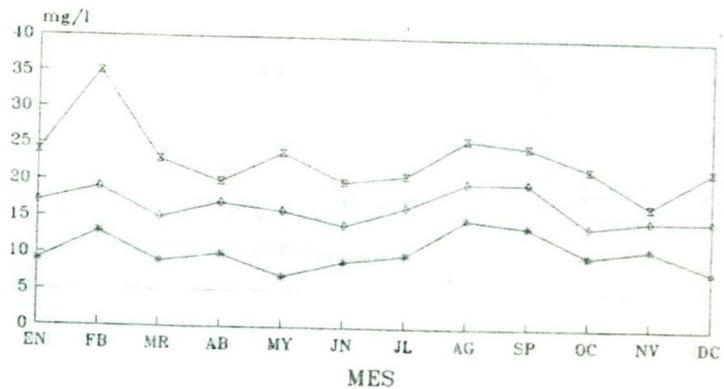
EFLUENTE CALCIO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

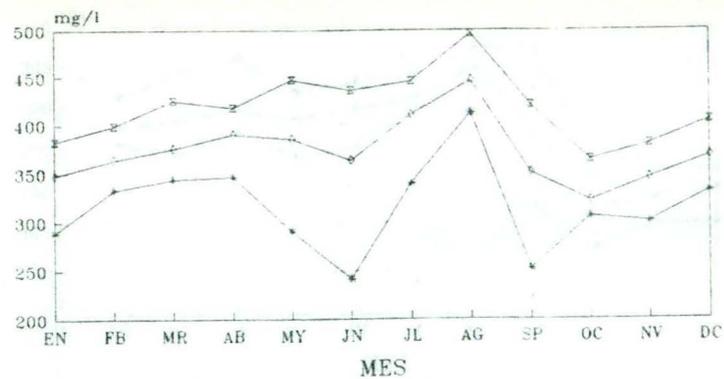
EFLUENTE MAGNESIO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

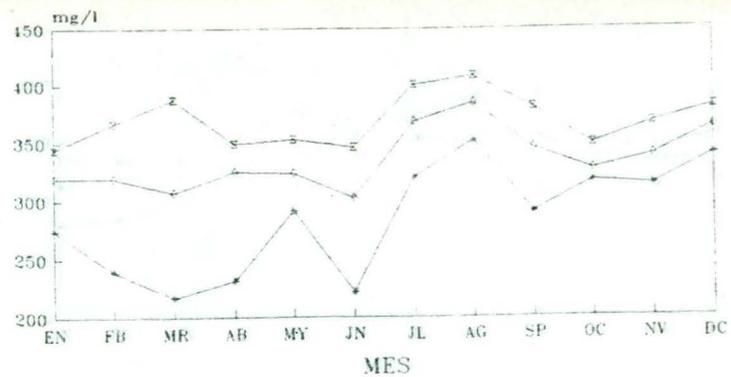
EFLUENTE
ALCALINIDAD TOTAL



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

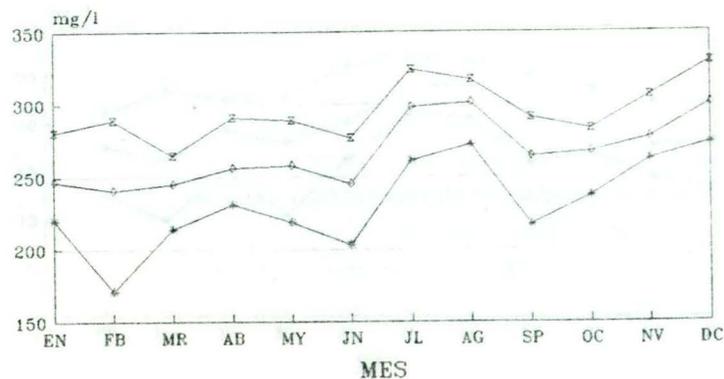
EFLUENTE
DUREZA TOTAL



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

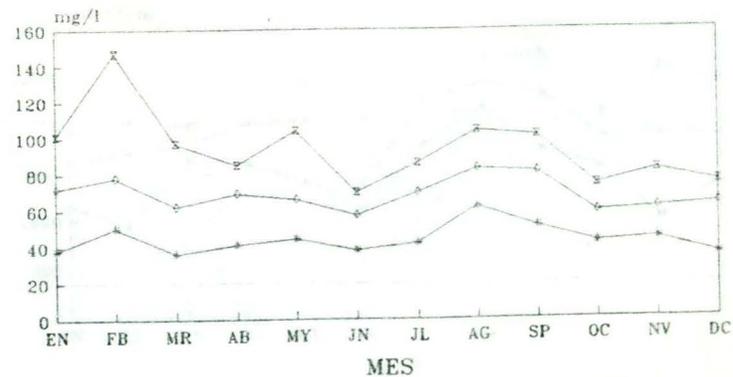
EFLUENTE
DUREZA CALCICA



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

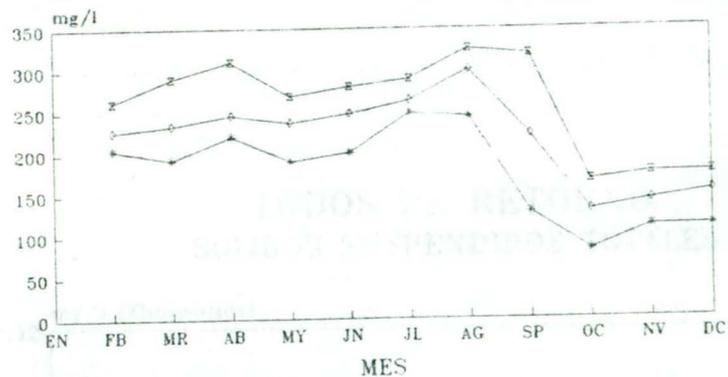
EFLUENTE
DUREZA MAGNESICA



—○— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

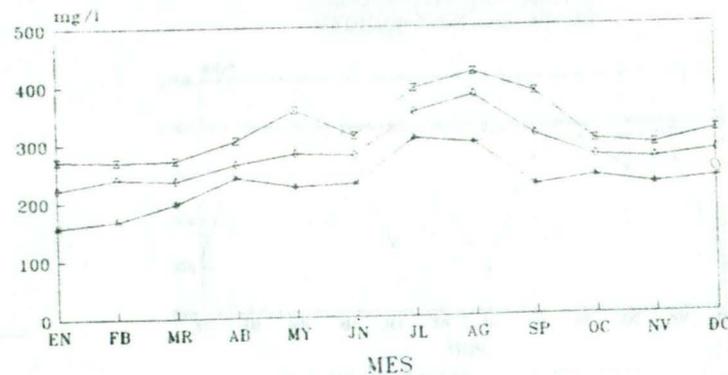
EFLUENTE SULFATO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

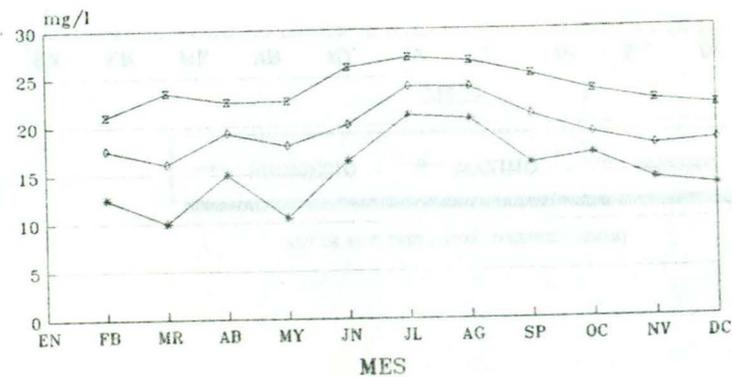
EFLUENTE CLORURO



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

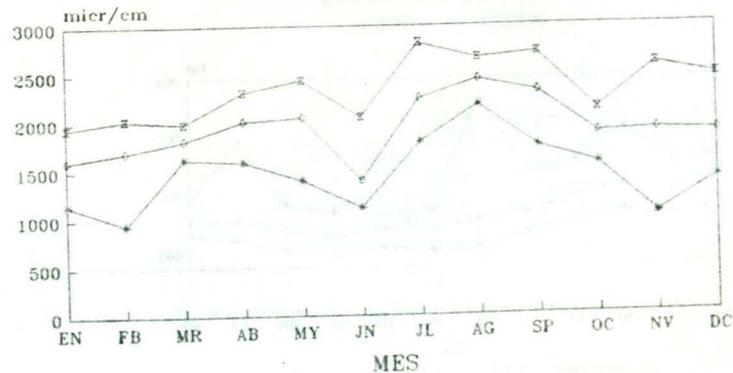
EFLUENTE SiO2



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

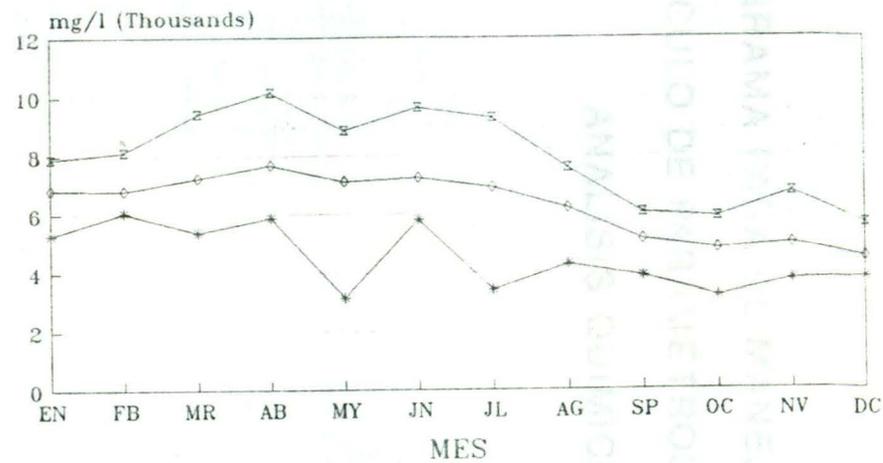
EFLUENTE CONDUCTIVIDAD



— PROMEDIO — MAXIMO — MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AMSU)

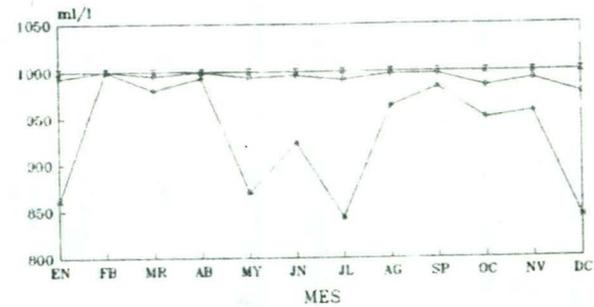
LODOS DE RETORNO SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



—◇— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

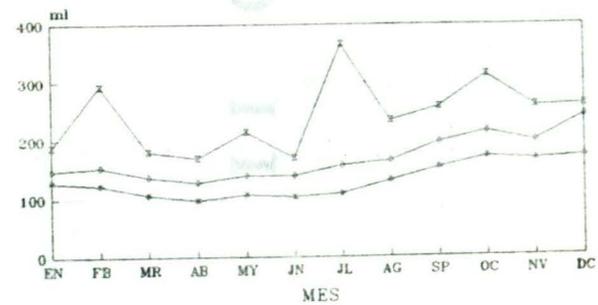
LODOS DE RETORNO SEDIMENTABILIDAD EN 30'



—◇— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

LODOS DE RETORNO INDICE DE LODOS



—◇— PROMEDIO —■— MAXIMO —*— MINIMO

AÑO DE MUESTREO : 1993 (FUENTE : AIMSU)

**PROGRAMA PRINCIPAL
PARA CALCULO DE PARAMETROS**

```
GOSUB presentacion.del.programa
                                GOSUB Presentacion.de.opciones
CLS
END
```

PRESENTACION DEL PROGRAMA

presentacion.del.programa:

```
GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5
LOCATE 5, 16: PRINT " * "
LOCATE 6, 16: PRINT " AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY, S. de U. "
LOCATE 7, 16: PRINT " "
LOCATE 8, 16: PRINT " CALCULO DE PARAMETROS "
LOCATE 9, 16: PRINT " * "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru

RETURN
```

cuadro.principal:

```
CLS
COLOR 14, 4: CLS : COLOR 14, 4
LOCATE 3, 5: PRINT " "
LOCATE 3, 75: PRINT " "
LOCATE 23, 5: PRINT " "
LOCATE 23, 75: PRINT " "
LOCATE 3, 6: PRINT "-----"
LOCATE 23, 6: PRINT "-----"

LOCATE 4, 5: PRINT "|": LOCATE 5, 5: PRINT "|": LOCATE 6, 5: PRINT "|": LOCATE 7, 5: PRINT "|":
LOCATE 7, 5: PRINT "|": LOCATE 8, 5: PRINT "|": LOCATE 9, 5: PRINT "|": LOCATE 10, 5: PRINT "|":
LOCATE 10, 5: PRINT "|": LOCATE 11, 5: PRINT "|":
LOCATE 12, 5: PRINT "|": LOCATE 13, 5: PRINT "|": LOCATE 14, 5: PRINT "|": LOCATE 15, 5: PRINT "|":
LOCATE 16, 5: PRINT "|": LOCATE 17, 5: PRINT "|": LOCATE 18, 5: PRINT "|": LOCATE 19, 5: PRINT "|":
LOCATE 20, 5: PRINT "|": LOCATE 21, 5: PRINT "|": LOCATE 21, 5: PRINT "|": LOCATE 22, 5: PRINT "|":
LOCATE 4, 75: PRINT "|": LOCATE 5, 75: PRINT "|": LOCATE 6, 75: PRINT "|": LOCATE 7, 75: PRINT "|":
LOCATE 7, 75: PRINT "|": LOCATE 8, 75: PRINT "|": LOCATE 9, 75: PRINT "|": LOCATE 10, 75: PRINT "|":
LOCATE 10, 75: PRINT "|": LOCATE 11, 75: PRINT "|":
LOCATE 12, 75: PRINT "|": LOCATE 13, 75: PRINT "|": LOCATE 14, 75: PRINT "|": LOCATE 15, 75: PRINT
"|": LOCATE 16, 75: PRINT "|": LOCATE 17, 75: PRINT "|": LOCATE 18, 75: PRINT "|": LOCATE 19, 75:
PRINT "|": LOCATE 20, 75: PRINT "|": LOCATE 21, 75: PRINT "|":
LOCATE 21, 75: PRINT "|": LOCATE 22, 75: PRINT "|"
```

RETURN

Presentacion.de.opciones:

10 CLS

GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5

LOCATE 4, 20: PRINT " *

LOCATE 5, 20: PRINT " SELECCIONE EL PARAMETRO A CALCULAR "

LOCATE 6, 20: PRINT " *

LOCATE 9, 24: PRINT "

LOCATE 10, 24: PRINT " (1) Cálculo de Sílice "

LOCATE 11, 24: PRINT " (2) Cálculo de Sulfato "

LOCATE 12, 24: PRINT " (3) Cálculo de S.A.A.M "

LOCATE 13, 24: PRINT " (4) Cálculo de Hierro "

LOCATE 14, 24: PRINT " (5) Ecuación de Sílice "

LOCATE 15, 24: PRINT " (6) Ecuación de Sulfato "

LOCATE 16, 24: PRINT " (7) Ecuación de S.A.A.M "

LOCATE 17, 24: PRINT " (8) Ecuación de Hierro "

LOCATE 18, 24: PRINT " (9) Abandonar el Sistema "

LOCATE 19, 24: PRINT "

LOCATE 22, 22: PRINT " Número de Unidad Seleccionado () "

200

LOCATE 22, 56: INPUT "", numsel\$

IF numsel\$ <> "1" AND numsel\$ <> "2" AND numsel\$ <> "3" AND numsel\$ <> "4" AND numsel\$ <> "5" AND-
numsel\$ <> "6" AND numsel\$ <> "7" AND numsel\$ <> "8" AND numsel\$ <> "9" THEN GOTO 200

IF numsel\$ = "1" THEN GOSUB calculo.de.silice

IF numsel\$ = "2" THEN GOSUB calcul.de.sulfato

IF numsel\$ = "3" THEN GOSUB calcul.de.saam

IF numsel\$ = "4" THEN GOSUB calc.de.hierro

IF numsel\$ = "5" THEN GOSUB ecuacion.de.silice

IF numsel\$ = "6" THEN GOSUB ecuacion.de.sulfato

IF numsel\$ = "7" THEN GOSUB ecuacion.de.saam

IF numsel\$ = "8" THEN GOSUB ecuacion.de.hierro

IF numsel\$ = "9" THEN CLS : END

IF numsel\$ <> "9" THEN GOTO 10

COLOR 14, 4

RETURN

SUBROUTINA PARA CALCULAR EL SILICE

calculo.de.silice:

```
GOSUB cuadro.principal
COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT "
LOCATE 11, 22: PRINT "
LOCATE 12, 22: PRINT "          CALCULO DE SILICE
LOCATE 13, 22: PRINT "
LOCATE 14, 22: PRINT "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB calculo.del.silice
RETURN
```

calculo.del.silice:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT "
LOCATE 5, 20: PRINT "      Para el cálculo del Sílice
LOCATE 6, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos:
LOCATE 7, 20: PRINT "
LOCATE 10, 25: PRINT " Valor de ( a ) = "; LOCATE 10, 44: INPUT "", a
LOCATE 12, 25: PRINT " Valor de ( b ) = "; LOCATE 12, 44: INPUT "", b
LOCATE 14, 25: PRINT " Absorbancia = "; LOCATE 14, 44: INPUT "", abso
LOCATE 16, 25: PRINT " Muestra en ml. = "; LOCATE 16, 44: INPUT "", msil
x1 = (abso - b) / a
sil = x1 / msil
LOCATE 18, 26: COLOR 15, 11: PRINT "
LOCATE 19, 26: PRINT USING " Sílice = ###.## ppm "; sil
LOCATE 20, 26: PRINT "
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

SUBROUTINA PARA CALCULAR EL SULFATO

calcul.de.sulfato:

```
GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT "
LOCATE 11, 22: PRINT "
LOCATE 12, 22: PRINT "      CALCULO DE SULFATO
LOCATE 13, 22: PRINT "
LOCATE 14, 22: PRINT "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB calculo.del.sulfato
RETURN
```

calculo.del.sulfato:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT "
LOCATE 5, 20: PRINT "      Para el cálculo del Sulfato
LOCATE 6, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos: "
LOCATE 7, 20: PRINT "
LOCATE 10, 25: PRINT " Valor de ( a ) = "; LOCATE 10, 44: INPUT "", a
LOCATE 12, 25: PRINT " Valor de ( b ) = "; LOCATE 12, 44: INPUT "", b
LOCATE 14, 25: PRINT " Absorbancia = "; LOCATE 14, 44: INPUT "", abso
LOCATE 16, 25: PRINT " Muestra en ml. = "; LOCATE 16, 44: INPUT "", msil
x1 = (abso - b) * (1000) / a
sul = x1 / msil
LOCATE 18, 26: COLOR 15, 11: PRINT "
LOCATE 19, 26: PRINT USING " Sulfato = ###.## ppm "; sul
LOCATE 20, 26: PRINT "
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

SUBROUTINA PARA CALCULAR EL S.A.A.M.

calcu.de.saam:

```
GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT "
LOCATE 11, 22: PRINT "
LOCATE 12, 22: PRINT "      CALCULO DE S.A.A.M.
LOCATE 13, 22: PRINT "
LOCATE 14, 22: PRINT "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB calculo.del.saam
RETURN
```

calculo.del.saam:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT "
LOCATE 5, 20: PRINT "      Para el cálculo del S.A.A.M.
LOCATE 6, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos:
LOCATE 7, 20: PRINT "
LOCATE 10, 25: PRINT " Valor de ( a ) = "; LOCATE 10, 44: INPUT "", a
LOCATE 12, 25: PRINT " Valor de ( b ) = "; LOCATE 12, 44: INPUT "", b
LOCATE 14, 25: PRINT " Absorbancia = "; LOCATE 14, 44: INPUT "", abso
LOCATE 16, 25: PRINT " Muestra en ml. = "; LOCATE 16, 44: INPUT "", msil
x1 = (abso - b) * (1000) / a
saam = x1 / msil
LOCATE 18, 26: COLOR 15, 11: PRINT "
LOCATE 19, 26: PRINT USING " S.A.A.M. = ###.## ppm"; saam
LOCATE 20, 26: PRINT "
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

SUBROUTINA PARA CALCULAR EL HIERRO

calc.de.hierro:

```
GOSUB cuadro.principal
COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT " "
LOCATE 11, 22: PRINT " "
LOCATE 12, 22: PRINT " CALCULO DE HIERRO "
LOCATE 13, 22: PRINT " "
LOCATE 14, 22: PRINT " "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB calculo.del.hierro
RETURN
```

calculo.del.hierro:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT " "
LOCATE 5, 20: PRINT " Para el cálculo del Hierro "
LOCATE 6, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos: "
LOCATE 7, 20: PRINT " ": COLOR 15, 4
LOCATE 10, 25: PRINT " Valor de ( a ) = ": LOCATE 10, 44: INPUT "", a
LOCATE 12, 25: PRINT " Valor de ( b ) = ": LOCATE 12, 44: INPUT "", b
LOCATE 14, 25: PRINT " Absorbancia = ": LOCATE 14, 44: INPUT "", abso
LOCATE 16, 25: PRINT " Muestra en ml. = ": LOCATE 16, 44: INPUT "", msil
x1 = (abso - b) / a
hie = x1 / msil
LOCATE 18, 26: COLOR 15, 11: PRINT " "
LOCATE 19, 26: PRINT USING " Hierro = ###.## ppm "; hie
LOCATE 20, 26: PRINT " ": COLOR 15, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

**SUBROUTINA PARA CALCULAR ECUACION
DE SILICE**

ecuacion.de.silice:

```
GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT " "
LOCATE 11, 22: PRINT " "
LOCATE 12, 22: PRINT " ECUACION DE SILICE "
LOCATE 13, 22: PRINT " "
LOCATE 14, 22: PRINT " "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB ecuacion.del.silice
RETURN
```

ecuacion.del.silice:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT " Para la ecuación del Silice "
LOCATE 5, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos: "; COLOR 15, 4
LOCATE 7, 22: PRINT " Número de Datos = "; LOCATE 7, 44: INPUT "", n
LOCATE 9, 22: COLOR 15, 5: PRINT " µg de Silice "; COLOR 15, 4
LOCATE 9, 42: COLOR 15, 5: PRINT " Absorbancia "; COLOR 15, 4
d = 1
sx = 0
sy = 0
x2 = 0
xy = 0
210 IF d <= n THEN
LOCATE 10 + d, 27: INPUT "", x
LOCATE 10 + d, 46: INPUT "", y
d = d + 1
sx = sx + x
sy = sy + y
x2 = x2 + x ^ 2
xy = xy + (x * y)
GOTO 210
ELSE
xm = sx / n
ym = sy / n
a = (n * xy - (sx * sy)) / (n * x2 - sx ^ 2)
b = ym - a * xm
LOCATE 19, 26: PRINT USING " a = #####.##### "; a
LOCATE 20, 26: PRINT USING " b = #####.##### "; b
END IF
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

**SUBROUTINA PARA CALCULAR ECUACION
DE SULFATO**

ecuacion.de.sulfato:

```
GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT " "
LOCATE 11, 22: PRINT " "
LOCATE 12, 22: PRINT " ECUACION DE SULFATO "
LOCATE 13, 22: PRINT " "
LOCATE 14, 22: PRINT " "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB ecuacion.del.sulfato
RETURN
```

ecuacion.del.sulfato:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT " Para la ecuación del Sulfato "
LOCATE 5, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos: "; COLOR 15, 4
LOCATE 7, 22: PRINT " Número de Datos = "; LOCATE 7, 44: INPUT "", n
LOCATE 9, 22: COLOR 15, 5: PRINT " mg de Sulfato "; COLOR 15, 4
LOCATE 9, 42: COLOR 15, 5: PRINT " Absorbancia "; COLOR 15, 4
d = 1
sx = 0
sy = 0
x2 = 0
xy = 0
220 IF d <= n THEN
LOCATE 10 + d, 27: INPUT "", x
LOCATE 10 + d, 46: INPUT "", y
d = d + 1
sx = sx + x
sy = sy + y
x2 = x2 + x ^ 2
xy = xy + (x * y)
GOTO 220
ELSE
xm = sx / n
ym = sy / n
a = (n * xy - (sx * sy)) / (n * x2 - sx ^ 2)
b = ym - a * xm
LOCATE 19, 26: PRINT USING " a = #####.##### "; a
LOCATE 20, 26: PRINT USING " b = #####.##### "; b
END IF
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

**SUBROUTINA PARA CALCULAR ECUACION
DE S.A.A.M.**

ecuacion.de.saam:

```
GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT " "
LOCATE 11, 22: PRINT " "
LOCATE 12, 22: PRINT " ECUACION DE S.A.A.M. "
LOCATE 13, 22: PRINT " "
LOCATE 14, 22: PRINT " "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB ecuacion.del.saam
RETURN
```

ecuacion.del.saam:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT " Para la ecuación del S.A.A.M. "
LOCATE 5, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos: "; COLOR 15, 4
LOCATE 7, 22: PRINT " Número de Datos = "; LOCATE 7, 44: INPUT "", n
LOCATE 9, 22: COLOR 15, 5: PRINT " mg de S.A.A.M. "; COLOR 15, 4
LOCATE 9, 42: COLOR 15, 5: PRINT " Absorbancia "; COLOR 15, 4
d = 1
sx = 0
sy = 0
x2 = 0
xy = 0
230 IF d <= n THEN
LOCATE 10 + d, 27: INPUT "", x
LOCATE 10 + d, 46: INPUT "", y
d = d + 1
sx = sx + x
sy = sy + y
x2 = x2 + x ^ 2
xy = xy + (x * y)
GOTO 230
ELSE
xm = sx / n
ym = sy / n
a = (n * xy - (sx * sy)) / (n * x2 - sx ^ 2)
b = ym - a * xm
LOCATE 19, 26: PRINT USING " a = #####.##### "; a
LOCATE 20, 26: PRINT USING " b = #####.##### "; b
END IF
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

**SUBROUTINA PARA CALCULAR ECUACION
DE HIERRO**

ecuacion.de.hierro:

```
GOSUB cuadro.principal

COLOR 14, 5
LOCATE 10, 22: PRINT " "
LOCATE 11, 22: PRINT " "
LOCATE 12, 22: PRINT " ECUACION DE HIERRO "
LOCATE 13, 22: PRINT " "
LOCATE 14, 22: PRINT " "
COLOR 14, 4
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
GOSUB ecuacion.del.hierro
RETURN
```

ecuacion.del.hierro:

```
COLOR 15, 1
CLS
GOSUB cuadro.principal
LOCATE 4, 20: COLOR 15, 5: PRINT " Para la ecuación del Hierro "
LOCATE 5, 20: PRINT " se requieren los siguientes datos: "; COLOR 15, 4
LOCATE 7, 22: PRINT " Número de Datos = "; LOCATE 7, 44: INPUT "", n
LOCATE 9, 22: COLOR 15, 5: PRINT " mg de Hierro "; COLOR 15, 4
LOCATE 9, 42: COLOR 15, 5: PRINT " Absorbancia "; COLOR 15, 4
d = 1
sx = 0
sy = 0
x2 = 0
xy = 0
240 IF d <= n THEN
LOCATE 10 + d, 27: INPUT "", x
LOCATE 10 + d, 46: INPUT "", y
d = d + 1
sx = sx + x
sy = sy + y
x2 = x2 + x ^ 2
xy = xy + (x * y)
GOTO 240
ELSE
xm = sx / n
ym = sy / n
a = (n * xy - (sx * sy)) / (n * x2 - sx ^ 2)
b = ym - a * xm
LOCATE 19, 26: PRINT USING " a = #####.##### "; a
LOCATE 20, 26: PRINT USING " b = #####.##### "; b
END IF
LOCATE 22, 65: INPUT " Enter ", iiru
RETURN
```

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, Evaluación y Reutilización de Aguas Residuales**
Metcalf & Eddy
2ª Edición, Editorial Labor, España, 1985.
- 2.- **Manual de Hidráulica**
Azevedo Netto & Acosta Alvarez
6ª Edición, Editorial Harla, Mexico, 1976.
- 3.- **Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Ciudad de Montemorelos, N. L., México**
Joaquín Cantú, Fernando Elizondo & Martha E. Hernández
Trabajo Académico, Maestría en Ingeniería Ambiental,
Facultad de Ingeniería Civil,
Universidad Autónoma de Nuevo León, México, Junio de 1993.
- 4.- **Diseño de Planta Potabilizadora para la Ciudad de Montemorelos, N. L., México**
Joaquín Cantú, Fernando Elizondo & Martha E. Hernández
Trabajo Académico, Maestría en Ingeniería Ambiental,
Facultad de Ingeniería Civil,
Universidad Autónoma de Nuevo León, México, Mayo de 1993.
- 5.- **Apuntes del Curso de Hidráulica**
Ing. Oziel Chapa Martínez
Maestría en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil,
Universidad Autónoma de Nuevo León, México,
Primer Semestre de 1992.
- 6.- **Apuntes del Curso de Procesos Unitarios**
Dr. Ing. Febronio E. Chavarría Fernández
Maestría en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil,
Universidad Autónoma de Nuevo León, México,
Segundo Semestre de 1992.

- 7.- **Apuntes del Curso de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales**
Dr. Ing. Alejandro Ramírez A.
Maestría en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil,
Universidad Autónoma de Nuevo León, México,
Primer Semestre de 1993.
- 8.- **Reportes Internos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.**
Reportes hasta el Año de 1993
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- 9.- **Purificación de Agua, Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales**
Fair, Geyer & Okun
Editorial LIMUSA, México, 1979.
- 10.- **A Practical Guide to Plant Environmental Audits.**
William Blakeslee & Theodore Grabowski
Editorial Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1985.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Joaquín Cantú Garza

Candidato para el Grado de
Maestro en Ciencias con Especialidad en
Ingeniería Ambiental

Tesis:

Auditoría Técnica en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Agua Industrial de Monterrey S. de U. (AIMSU) San Nicolás de los Garza, Nuevo León.

Biografía:

Datos Personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León el 25 de Enero de 1969, hijo de Joaquín L. Cantú Castillo y María Teresa Garza de Cantú.

Educación:

Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Ingeniero Civil en 1992.

Experiencia Profesional:

DELTA ESTRUCTURAS Y PROYECTOS, S.A. DE C.V.

(Mayo de 1988 - Septiembre de 1988) : Auxiliar de Departamento.
Departamento de Topografía.

ACTIVIDADES : Diversos Cálculos Topográficos realizados en la Línea I del Metro.

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

(Enero de 1989 - Agosto de 1990) : Auxiliar de Departamento.
Departamento de Investigación y
Proyectos Especiales.

ACTIVIDADES : Diversos Estudios e Investigaciones relacionadas con el control de calidad en materiales utilizados para la fabricación de concreto bajo diferentes especificaciones.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

(Enero de 1992 - A la Fecha) : Incorporación en las diferentes actividades que se realizan en el Departamento de Ingeniería Ambiental.

ACTIVIDADES : Diversos Estudios e Investigaciones sobre Ecología, Medio Ambiente e Impacto Ambiental en el Area Metropolitana de Monterrey N. L.

CONSTRUCTORA FCII, S.A. DE C.V.

(Enero de 1993 - A la Fecha) : Diferentes trabajos relacionados con la Ingeniería Ambiental.

ACTIVIDADES : Asesorías para el diseño y construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

: Análisis de Costos Unitarios y manejo de documentación para cubrir requisitos en concursos de obra.

: Confinamiento y Manejo de Residuos Peligrosos y no Peligrosos, desde Ingeniería Básica hasta Ingeniería de detalle. Así como Proyecto, Cálculo y Construcciones en general, Instalaciones Hidráulicas, Eléctricas y Topografía.

: Estudio de Impacto Ambiental en modalidad general para la construcción y operación de un confinamiento de residuos no peligrosos.

FE DE ERRATAS

- 1.- En la página V-2 el pretratamiento principal tiene una base de 1.2 mts. y debe ser de 0.8 mts.
- 2.- En la página XIII-10 dice que el valor de Theta es igual a 1.03 y debe ser 1.01.
- 3.- En la página XIII-2 dice Aereadores Mecánicos Superficiales y debe ser Mezcladores.
- 4.- En la página XIII-21 dice Aereadores Superficiales y debe ser Mezcladores.