HIPOTESIS

Al darle al agua residual un pretratamiento anaeróbico, antes de un tratamiento biológico aeróbico; la eficiencia en la remoción de los nutrientes (nitrógeno y fósforo) presentes en el agua residual es por lo menos del 50 %. Y al retornar los lodos de desecho al pretratamiento anaeróbico para su digestión, se ahorra en un 100 % el manejo, tratamiento y disposición de los lodos

CAPITULO 1

INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCION

En la actualidad, dada la situación de mayor demanda de agua potable debido al incremento de la población, nos vemos en la necesidad de reutilizarla, una vez que ha sido usada (agua residual). Para poder reutilizar el agua residual o poder descargarla a los ríos, los que a su vez, son fuente de abastecimiento para los sistemas de almacenamiento, es necesario darle un tratamiento; el tratamiento más usado en nuestro país, es un tratamiento biológico aireado, en el cual los microorganismos aeróbicos se encargan de consumir tanto la materia orgánica como algunos de los contaminantes presentes en el agua residual.

En esta investigación se analiza el empleo de un pretratamiento anaeróbico, antes de un tratamiento biológico aeróbico al agua residual, así como, la digestión de los lodos de retorno, que se lleva a cabo en el tanque de recepción, el cual tiene un funcionamiento del tipo anaeróbico. También se realiza una caracterización del agua residual en dicho tanque; esta caracterización se basa en los estratos que se forman dentro de éste. Para llevar a cabo la presente investigación se utilizará una planta piloto que tiene la Facultad de Ingeniería Civil, la cual se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales AIMSU (Agua Industrial de Monterrey Sociedad de Usuarios), en la ciudad de San Nicolás de los Garza, N.L.

La planta piloto, es del tipo secuencial intermitente (SBR); cuenta con una serie de tres tanques, de los cuales el primero es un tanque de recepción anaeróbico, al que llega el agua residual "cruda"; y es en este tanque, donde se determinará la cantidad de

lodos de desecho (primarios y secundarios) digeridos. El segundo, es un tanque de transferencia que se encarga de regular el gasto de alimentación del tercer tanque, que es el reactor aeróbico.

Para llegar a una conclusión y a manera de comparación, se usaron los datos e información generada en la planta de AIMSU.

1.1 Propósito General, Objetivos y Metas.

El propósito general de esta investigación, es evaluar la remoción de los nutrientes del agua residual y determinar la cantidad de lodo digerido en el tanque receptor (anaeróbico) en el transcurso de la investigación, debido al retorno de lodos de un agua residual, después de un pretratamiento anaeróbico anterior a un tratamiento biológico aeróbico aireado, en una planta piloto del tipo secuencial intermitente (SBR).

Como medio de comparación, se usarán los datos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de AIMSU.

Objetivos:

a) Recopilar la información de los análisis realizados a un agua residual, en una planta de tratamiento de aguas residuales.

b) Estudiar los procesos de eliminación o remoción de nutrientes, en un agua residual.

c) Realizar análisis físico-químicos del agua residual por tratar.

d) Determinar la cantidad de lodos de retorno que se han tratado (digerido) en el tanque de recepción de la planta piloto, de Octubre de 1994 a Julio de 1995.

e) Analizar los distintos estratos de agua residual que se forman en el tanque receptor, así como su caracterización.

f) Hacer los estudios comparativos con los resultados obtenidos, para poder realizar una evaluación en cuanto a la remoción de nutrientes, entre el sistema biológico aireado, sin y con un pretratamiento anaeróbico.

g) Presentar como la conclusión de esta tesis: el análisis y los resultados de la comparación entre el sistema biológico aireado sin pretratamiento anaeróbico y el proceso que incluye un pretratamiento anaeróbico; así como la cantidad de lodos de desecho digeridos en el transcurso de la misma.

1.2 Políticas, Medios e Instrumentos.

Los análisis, se realizarán en el Laboratorio del Depto. de Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L.

El equipo de laboratorio más importante utilizado:

- Espectofotómetro
- Celdas para lectura
- Botellas Winkler
- Una autoclave
- Matraces Kjendhal de 800ml.
- Un aparato Kjendhal de 8 unidades
- Un potenciómetro
- Filtros de Fibra de Vidrio
- Un turbidímetro Hellige (equipado)
- Un termómetro
- Una estufa
- Una balanza Analítica
- Tubos Nessler de 50 ml.
- Embudo de Filtración
- Una cámara para Vacío
- Crisoles
- Mufa
- Material Común de Laboratorio
- Equipo Complementario para el Análisis Físico-Químico de las Aguas Residuales.

La planta piloto (sistema SBR) del Instituto de Ingeniería Civil, se ubicó en las instalaciones de la planta de AIMSU; para que operara paralelamente con la planta de tipo convencional de esta empresa.

El equipo de sistemas (software y hardware) utilizado para la captura de la información, así como para su procesamiento, análisis e impresión es el siguiente:

- Una microcomputadora PC 486/50 MHZ 8 MB/RAM
- Una impresora HP IIP Plus
- Un escaner Microtek ScanMaker II
- Discos de 31/2" de 1.4 MB
- Discos de 51/4" de 1.2 MB
- Microsoft Windows ver. 3.1
- Microsoft Word for Windows ver. 6.0
- Microsoft Excell for Windows ver. 5.0
- PhotoShop ver. 2.5 Limited Edition
- Autodesk Auto-Cad for DOS ver. 12

1.3 Alcance y Limitaciones de la investigación.

Se investiga en una planta a nivel piloto, de tipo secuencial intermitente (SBR), la cual cuenta con una serie de tres tanques, de los cuales el primero es un tanque anaeróbico. El propósito es determinar la cantidad de lodos digeridos en este tanque anaeróbico, en un tiempo de funcionamiento de aproximadamente un año; tiempo en el cual no se han desechado lodos, lo cual es muy importante, ya que se disminuyen los costos de equipo, operación y mantenimiento, con respecto a la estabilización y/o disposición de los lodos.

También se investiga la eficiencia del proceso, en cuanto a la remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo), debido al pretratamiento anaeróbico que se le da al agua residual en la planta piloto.

El agua residual a considerar en la investigación es del tipo industrial-doméstica, debido a que es el tipo de agua que se trata en la planta de AIMSU.

La planta piloto está automatizada y cuenta con un panel de control en el cual se pueden programar los tiempos de operación que forman el ciclo de tratamiento del agua residual (llenado, aireado, mezclado, sedimentación y decantado). Una limitante dentro de la investigación, es que los tiempos de operación no serán modificados en el transcurso de la misma, para asegurar que la digestión de lodos en el tanque anaeróbico no sufra cambios y así poder confiar en los datos obtenidos.

1.4 Marco Teórico-Metodológico.

La metodología de investigación para los análisis y pruebas, corresponde a la especificada en los métodos reconocidos por las Normas Oficiales Mexicanas y/o por los Métodos Estándar (APHA, AWWA, WPCF).

1.5 Parámetros a Considerar en el Estudio

En el estudio del **Pretratamiento Anaeróbico, en Sistemas de Tratamiento Biológico de Aguas Residuales**, se consideran los siguientes parámetros:

1.- Para la remoción de nutrientes:

a) En la planta piloto (influente, reactor y líquido clarificado):

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Nitrógeno como: N, NO_2, NO_3 y NH_3
- Fosfatos totales (P)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos suspendidos volátiles (SSV)
- Grasas y aceites

b) En la planta de AIMSU (influente y efluente):

- Demanda bioquímica de oxigeno (DBO_5)
- Demanda química de oxigeno (DQO)
- Nitrógeno como: N, NO_2, NO_3 y NH_3
- Fosfatos totales (P)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos suspendidos volatiles (SSV)
- Gasas y aceites

2.- Para la digestión de los lodos de desecho en la planta piloto:

a) Tanque de recepción:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos suspendidos volátiles (SSV)
- Sólidos disueltos totales (SDT)
- Nitrógeno orgánico
- Nitrógeno amoniacal
- Fosfatos totales
- Conductividad específica
- Alcalinidad total
- Grasas y aceites

b) Líquido clarificado:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos suspendidos volátiles (SSV)
- Sólidos disueltos totales (SDT)
- Nitrógeno orgánico
- Nitrógeno amoniacal
- Fosfatos totales
- Conductividad específica
- Alcalinidad total
- Grasas y aceites

c) Lodos:

- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos suspendidos volatiles (SSV)
- Conductividad específica

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

Dadas las necesidades actuales de protección al ambiente y de saneamiento ambiental, debido al alto índice de contaminación que tenemos, es necesario realizar estudios en el área de protección al ambiente, ya sea en el aire, el agua o en los residuos generados.

De todos es sabido que generamos una gran cantidad de agua de desecho (agua residual); debido a los procesos de producción, riego, uso doméstico, etc. Desde la antigüedad y aún en la actualidad, el agua es vertida en ríos, para que la naturaleza por sí sola se encargue de eliminar los contaminantes presentes en ella.

La naturaleza tiene una gran capacidad de remoción o de eliminación de los contaminantes, que nosotros, los seres "humanos", agregamos al agua que previamente usamos; pero actualmente se ha perdido esa capacidad (ríos, lagos y mares), debido a la enorme cantidad de agua residual que es generada en las grandes ciudades.

Por esto, nace la necesidad de contribuir o ayudar a la naturaleza, inventando o creando sistemas de tratamiento del agua residual, a semejanza de ella misma. Dentro de dichos sistemas de tratamiento, existen dos tipos muy importantes, que se basan en sistemas biológicos aeróbicos (microorganismos aeróbicos) los primeros y los segundos, se basan en sistemas biológicos anaeróbicos (microorganismos anaeróbicos).

Los tratamientos biológicos anaeróbicos de aguas residuales, no son muy convencionales, al menos en nuestro país, además de que hacen falta estudios al

respecto. También se sabe que ciertos microorganismos anaeróbicos eliminan el fósforo y el nitrógeno del agua residual.

El fósforo y el nitrógeno, ocasionan eutroficación, al ser vertidos en los cuerpos receptores de aguas, creando un crecimiento de plantas acuáticas no deseadas; por esto, es conveniente eliminarlos del agua residual.

En un sistema de tratamiento biológico aeróbico de aguas residuales, sería muy útil el estudiar lo que sucede si se le da un pretratamiento anaeróbico, al agua residual antes del tratamiento biológico aeróbico. Para poder comparar los resultados, en base a una caracterización del agua residual tratada y analizar la eficiencia en cuanto a la remoción de los nutrientes.

Esto es en sí lo que se pretende en el presente estudio; aprovechar que la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L. posee una planta piloto de tipo secuencial intermitente (SBR), para realizar una comparación en cuanto a la eficiencia de remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) del agua residual. Así como, determinar la cantidad de lodos de desecho que se han digerido en el tanque de recepción (anaeróbico). Lo anterior es muy importante desde el punto de vista de costos, ya que se está ahorrando en el manejo, tratamiento y disposición de dichos lodos. Tambien desde el punto de vista de normatividad, pues en la actualidad las normas mexicanas sobre tratamiento de aguas residuales, exigen que se dé un tratamiento a los lodos de desecho.

Para determinar el % de eficiencia en la remoción de los nutrientes, se usarán como parámetros de comparación, los resultados generados de la planta de tratamiento de aguas residuales AIMSU, en la cual se encuentra ubicada la planta piloto (Fig. 2.1).

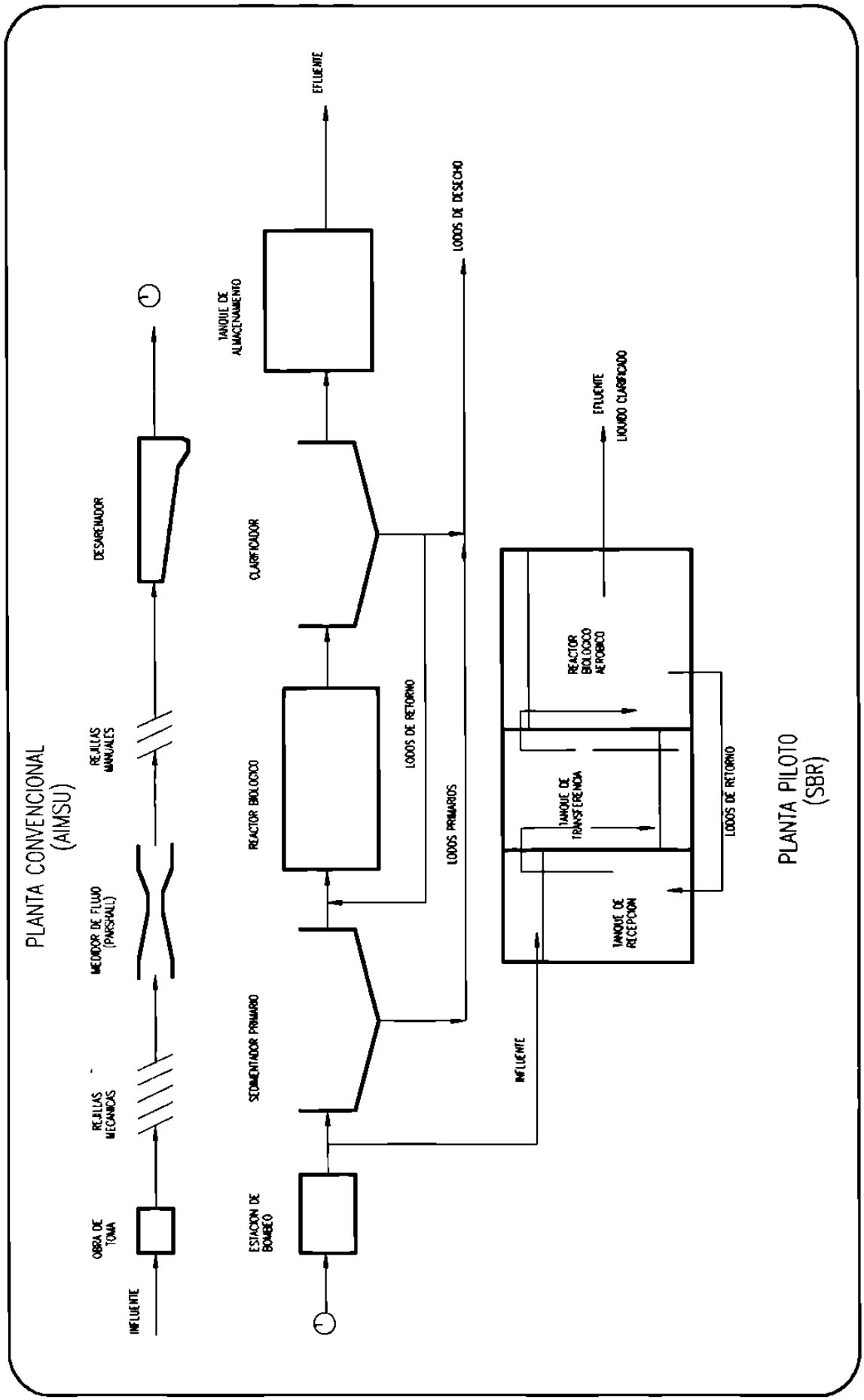

PLANTA CONVENCIONAL
(AIMSU)
INFLUENTE
OBRA DE TOMA
REJILLAS MECANICAS
MEDIDOR DE FLUJO (PARSHALL)
REJILLAS MANUALES
DESARENADOR
ESTACION DE BOMBEO
SEDIMENTADOR PRIMARIO
REACTOR BIOLOGICO
CLARIFICADOR
TANQUE DE ALMACENAMIENTO
EFLUENTE
LODOS DE DESECHO
LODOS DE RETORNO
LODOS PRIMARIOS
INFLUENTE
REACTOR BIOLOGICO AEROBICO
TANQUE DE TRANSFERENCIA
TANQUE DE RECEPCION
EFLUENTE
LIQUIDO CLARIFICADO
LODOS DE RETORNO
PLANTA PILOTO
(SBR)

Fig. 2.1

CAPITULO 3

TEORIA SOBRE LA REMOCION DE NUTRIENTES Y LA DIGESTION ANAEROBICA DE LOS LODOS DE DESECHO

CAPITULO 3

TEORIA SOBRE REMOCION DE NUTRIENTES Y DIGESTION ANAEROBICA DE LODOS DE DESECHO

La remoción de Nutrientes del agua residual, consiste en la disminusión del nitrógeno y del fósforo presentes en el agua residual. Una disminusión de estos nutrientes, es necesaria para evitar los procesos de eutroficación, al ser vertida el agua tratada a los cuerpos receptores.

La disminución de los nutrientes se logra mediante procesos de nitrificación-desnitrificación; estos procesos utilizan microorganismos (bacterias), los cuales al presentarse condiciones de saturación de oxígeno y condiciones anóxicas en el agua residual, consumen los nutrientes antes mencionados.

Como en todo proceso de fabricación, existe un producto terminado y un material de desecho; así tambien en los procesos de tratamiento de aguas residuales tenemos como producto terminado el agua tratada y como material de desecho, tenemos precisamente los lodos de desecho.

En toda planta de tratamiento de aguas residuales se generan lodos de desecho. Estos lodos son muy inestables, contaminantes y peligrosos, ya que contienen una gran cantidad de microorganismos Patógenos y debe dárseles un tratamiento para su estabilización.

Existen varias formas de estabilizar los lodos, pero todas representan un costo adicional en el producto final de la planta, o sea el agua tratada. Desde el punto de vista de costos, éstos son muy altos, ya que para lograr la digestión anaeróbica de los

lodos de desecho y por lo tanto su estabilización, se requieren unidades especiales como: Tanques, bombas, tuberías, equipo, energía eléctrica, etc.

3.1 Nitrificación, desnitrificación y remoción de fósforo

3.1.1 Nitrógeno.

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos y las plantas; sin embargo, se ha demostrado que el exceso de nitrógeno en los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, al igual que el exceso de fósforo, están asociados con el crecimiento indeseable de algas y plantas en los cuerpos receptores de aguas. Además, que el nitrógeno en forma de amonio, es tóxico para los peces.

El nitrógeno penetra a las corrientes de agua doméstica, como urea y otros materiales orgánicos. La urea, siempre ha sido considerada como un componente orgánico nitrogenoso, pero éste de hecho es un derivado del dióxido de carbono y debería ser clasificada como inorgánica. La urea, es rápidamente hidrolizada por enzimas al amonio (o al ión amonio dependiendo del pH) y dióxido de carbono.

Otras formas de nitrógeno, están presentes en el agua residual doméstica, como el nitrito y el nitrato; sin embargo, en aguas residuales domésticas recientes, la concentración de estos, especialmente la de nitritos es mínima. Una excepción a esto puede ser encontrada en comunidades con altos niveles de nitrato en el agua potable. El Nitrógeno en forma de amonio, comprende aproximadamente el 60 % (12 a 50 mg/l) de los 20 a 85 mg/l del nitrógeno total presente en las aguas residuales domésticas recientes. Los restantes 8 a 35 mg/l son orgánicamente requeridos.

Las descargas industriales, pueden sumar cantidades significativas de nitrógeno a las corrientes de aguas residuales. Descargas industriales típicamente altas en

contenido de nitrógeno, son aquellas donde se procesan y producen alimentos, procesamiento de leche, refinerías de petróleo, comedores, ciertas plantas de fibras sintéticas e industrias de limpieza con componentes de amonio.

La forma del nitrógeno, es un indicador de la edad y las condiciones del agua residual. Aguas residuales recientes, como se ha hecho notar, contienen principalmente amonio (de la hidrolización rápida de la urea) y los componentes orgánicos de nitrógeno (proteínas, péptidos, aminoácidos, cretinas, ácido úrico y otros). Los componentes orgánicos, son lentamente descompuestos por las bacterias, al amonio, dióxido de carbóno y agua. Bajo condiciones aeróbicas, la forma del nitrógeno como amonio, es oxidada a Nitrito (NO_2) por el género de bacterias Nitrosomonas. El nitrógeno en forma de nitrito, es un componente inestable que rápidamente es oxidado por las bacterias del grupo Nitrobacter, a nitrógeno en forma de nitrato (NO_3). A la oxidación de amonio a nitrito y luego a nitrato, se le denomina nitrificación y es la base de la remoción de amonio en el tratamiento de las aguas residuales.

3.1.2 Proceso de Nitrificación

La nitrificación es la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal (NH_4^+), a nitratos. Para lograr el máximo estado de oxidación del nitrógeno, se presenta un intermediario en el proceso: el ión nitrito (NO_2^-). La reacción se lleva a cabo por medio de bacterias aerobias autótrofas de los géneros Nitrosomas y Nitrobacter, según las reacciones siguientes:

$$NH_4^+ + 1.5\,O_2 \longrightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O \quad (1)$$

$$NO_2^- + 0.5\,O_2 \longrightarrow NO_3^- \quad (2)$$

Lo que es lo mismo:

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O \quad (3)$$

La oxidación total del amonio requiere de 4.57 mg o2/mg N. El pH es uno de los parámetros que afectan la nitrificación: Russel et al., (1978) observaron un intervalo de pH óptimo entre 7.8 y 9.0. La alcalinidad es consumida durante la oxidación del amonio según la reacción:

$$NH_4^+ + 2O_2 + 2HCO_3^- \longrightarrow NO_3^- + 2H_2CO_3 + H_2O \quad (4)$$

y se requieren 7.14 mg de alcalinidad como Ca CO_3 por miligramo de nitrógeno amoniacal oxidado. Considerando la reacción global (5), en la cual se involucra la oxidación y la síntesis de biomasa, se observa la baja síntesis de microorganismos nitrificantes, con respecto al nitrógeno amoniacal oxidado (Barnes y Bliss, 1983).

$$NH_4^+ + 0.103CO_2 + 1.85O_2 \rightarrow 0.021C_5H_7O_2N + 0.928H_2O + 1.979H+ + 0.979NO_3 \quad (5)$$

La temperatura y el oxígeno disuelto, son parámetros que también afectan la nitrificación. Se ha observado una relación directa entre estos parámetros y la eficiencia de nitrificación. La nitrificación es inhibida con la presencia de sulfatos y altas

concentraciones de amoniaco; de 5 a 10 mg/l de H_2S y de 10 a 130 mg/l de NH_3, respectivamente.

Es por eso que la temperatura, el pH, la concentración de Oxígeno Disuelto y el Tiempo de Retención de Sólidos, son parámetros importantes en la cinética de nitrificación. La eficiencia de la nitrificación en un sistema de lodos activados, decrece cuando la temperatura baja. La temperatura óptima está entre los 25 y los 35 °C. Y como ya se mencionó, el pH óptimo para la nitrificación se puede dar a menos del 50 % del óptimo.

La Alcalinidad es destruída por la oxidación del amonio, por lo tanto reduce el pH. Un grado de 7.14 mg. de alcalinidad es destruída por mg. de nitrógeno amoniacal oxidado. La aereación, elimina parcialmente el dióxido de carbóno del agua residual, por eso se reduce la alcalinidad; sin embargo, suficiente alcalinidad debe mantenerse en el agua residual, de manera que no disminuya el pH.

El grado máximo de nitrificación, ocurre en concentraciones mayores de 2 mg/l de Oxígeno Disuelto. El proceso de nitrificación, consume 4.57 Kilogramos de Oxígeno, por kilogramo de nitrógeno amoniacal convertido en nitrato.

3.1.3 Proceso de desnitrificación

La desnitrificación biológica, es la actividad metabólica de bacterias heterótrofas aerobias facultativas, que emplean el carbono orgánico como fuente de energía y utilizan los iones nitrito y nitrato como aceptores finales de electrones. Algunas de estas bacterias son, las *Pseudomonas Denitrifians*, *Micrococcus* y *Achromobacter*. Cuando el sustrato utilizado por las bacterias, proviene del carbón orgánico contenido en las aguas residuales domésticas, se pueden considerar las siguientes reacciones de respiración y de síntesis (Barnes y Bliss, 1983):

$$10NO_3^- + C_{10}H_{19}NO_3 \rightarrow 5N_2 + 9CO_2 + NH_4+ + 2H_2O + HCO_3^- + 10OH^- \quad (6)$$

$$NO_3 + 14/25C_{10}H_{19}NO_3 + H_3O^+ \rightarrow C_5H_7NO_2 + 1/25(C_2 + 48H_2O + 14NH_4^+ + 14CO_3) \quad (7)$$

Resulta interesante señalar, que dependiendo del tipo de bacteria presente, la reducción se realiza en dos etapas ($NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2$) o en una sola. Es necesario evitar la presencia de oxígeno en el medio, pues este elemento inhibe la desnitrificación, ya que es un aceptor de electrones preferencial. De acuerdo con la ecuación (6), se requiere de una relación de 0.857 mg. COT/mg N oxidado. La reacción de desnitrificación, provoca un incremento en la alcalinidad del medio y el pH óptimo está entre 6.5 y 7.5. Russel et al., (1978).

Otra forma sencilla de entender la desnitrificación es: el proceso en el cual, el nitrato es reducido a nitrógeno como gas, por los microorganismos, en ausencia de oxígeno disuelto. La desnitrificación, puede ocurrir cuando el carbón orgánico y los nitratos se encuentran en cantidades suficientes. El proceso de desnitrificación también puede ser expresado por la siguiente reacción:

$$NO_3^- + \text{Carbón Organico} \dashrightarrow N_2\,(gas) + CO_2$$

Los factores ambientales, incluyendo la temperatura, el pH y la concentración de oxígeno disuelto, tienen efecto en el grado de desnitrificación. La temperatura, tiene una relación directa con el incremento de la tasa de desnitrificación. La mayor tasa de reacción ocurre entre los 35° y los 50 °C. La velocidad de reacción, se incrementa por un factor de 1.5 a 2 por cada 10 °C, entre los 5° y los 15 °C de acuerdo con Dawson y Murphy (1971). Una concentración de oxígeno disuelto mayor que 1 mg/l, inhibe la desnitrificación.

3.1.4 Remoción de Fósforo

El Fósforo, es otro nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos y las plantas; sin embargo, se ha demostrado que el exceso de fósforo está asociado con el crecimiento indeseado de algas y plantas, en los cuerpos receptores de agua.

La mayor fuente de Fósforo en el agua residual doméstica es el excremento, los detergentes sintéticos utilizados en lavandería y los químicos utilizados en el tratamiento del agua. El Fósforo proporcionado por los detergentes, ha sido reducido significativamente en las comunidades que recomiendan la utilización de detergentes biodegradables. El contenido de fosfatos, en las plantas de tratamiento donde se restringe el uso de fosfatos en los detergentes de las lavanderías, es de casi el 50 % en comparación de las comunidades donde no existe ninguna restricción. El uso de metanofosfato de sodio o componentes similares (para control de la corroción), en los sistemas de abastecimiento de agua, también incrementa el contenido de fósforo en el agua residual.

Las formas inorgánicas del fósforo, representan aproximadamente el 70 % (4 a 15 mg/l) de 6 a 20 mg/l del fósforo total, presente en aguas residuales domésticas. El restante 2 a 5 mg/l son requeridos orgánicamente .

Las descargas industriales también aportan fósforo. Las descargas industriales típicamente altas en fósforo, incluyen aquellas destinadas a la fabricación de fertilizantes; donde se procesan alimentos; procesamiento y empacado de carnes; procesamiento de leche; lavanderías comerciales y algunos desechos del procesamiento de comida. Ciertamente, algunas descargas de procesos, donde se manufactura el papel y la pulpa tienen una deficiencia de fósforo.

El fósforo en el agua residual puede estar presente como Ortofosfato, Polifosfato o Fósforo Orgánico. De los tres tipos de fosfatos, los ortofosfatos son los más fáciles de remover. Los polifosfatos son convertidos a ortofosfatos por hidrólisis y el fósforo orgánico es convertido a ortofosfato por medio de descomposición bacteriológica.

El ortofosfato soluble, es la forma más simple del fósforo en el desdoblamiento de los polifosfatos inorgánicos y que orgánicamente es transformado a fósforo. Típicamente los ortofosfatos solubles comprenden del 15 al 35 % del fósforo total en el agua residual doméstica reciente. La relación de ortofosfatos a polifosfatos y fósforo transformado, depende de dos cosas: De las características de la descarga del agua residual a las corrientes de agua residual y del grado de complejidad de las formas en las cuales se encuentren los elementos (el fósforo como nutriente).

El tratamiento del agua residual, incrementa el nivel soluble de los ortofosfatos estimándose de un 50 a 90 % del fósforo total. La forma soluble del ortofosfato a fósforo es tan fácil de precipitar, como lo es para facilitar la asimilación por las algas y las plantas.

El proceso convencional de tratamiento de lodos activados, generalmente involucra una precipitación con aluminio o cloruro férrico. El porcentaje de remoción de fósforo total obtenido, de la concentración del influente con tratamiento primario y secundario, ambos con y sin la adición de químicos (como aluminio y cloruro férrico), se presentan en la Tabla 3.1 . El tratamiento primario y secundario, sin precipitación química, remueve muy poco fósforo: del 5 al 10 % con el tratamiento primario, y 10 a 20 % con el tratamiento secundario. Con la adición de Aluminio o Cloruro Férrico, la remoción incrementa de 70 a 90 % con el primario y de 80 a 90 % con el tratamiento secundario. Concentraciones en el efluente de 1 mg/l de fósforo total, es obtenido con el tratamiento secundario. La Tabla 3.1 también incluye una remoción del 80 % del

tratamiento primario con la adición de cal. Altos niveles de remoción de fósforo, pueden lograrse con tratamientos avanzados.

TABLA 3.1

Eficiencia de remoción de fósforo total en un sistema de tratamiento convencional

Nivel de Tratamiento	Sin la Adición de Químicos	Con la Adición de Químicos*	Con la Adición de Cal
Tratamiento Primario	5 % al 10 %	70 % al 90 %	80 %
Tratamiento Secundario	10 % al 20 %	80 % al 95 %	

* Típicamente aluminio o hierro

Los sistemas de tratamiento biológicos convencionales llevan a cabo la remoción parcial de fósforo, mediante el uso del fósforo para síntesis de biomasa durante la remoción de DBO. Un típico contenido de fósforo en sólidos microbiológicos es de 1.5 % a 2.0 % basado en peso seco.

La extracción excesiva de sólidos biológicos puede resultar con una remoción de fósforo del 10 al 30 %; luego, dependiendo de la relación entre la DBO y el fósforo; la edad del sistema de lodo; las técnicas de manejo de lodo y lugar donde se retorne el flujo.

3.2 Digestión Anaeróbica

La disposición satisfactoria de los sólidos orgánicos concentrados, removidos a partir de los desechos en los tanques primarios y del exceso de sólidos sedimentables biológicos, en los filtros percoladores y lodos activados, se da por medio de procesos de tratamiento biológicos anaeróbicos, comúnmente referidos como "Digestión anaeróbica". El problema básico con estos sólidos orgánicos concentrados, es el hecho de que no pueden ser rápidamente estabilizados.

En ausencia de aire, las bacterias anaeróbicas convierten los sólidos orgánicos y producen una masa reducida de lodo, la cual puede ser rápidamente estabilizada y convertirse en un sólido estable (Qasim, 1994).

Según los avances recientes de la tecnología, los procesos de digestión anaeróbicos son hasta el momento los más complejos y sensibles, de todos los procesos biológicos de desechos.

3.2.1 Teoría Fundamental

Los sólidos orgánicos complejos, no se encuentran disponibles para los microorganismos, de la misma manera que lo están los sólidos insolubles. Los ataques iniciales sobre éstos, se llevan a cabo mediante enzimas extracelulares elaboradas por las bacterias. Estas enzimas hidrolizan los sólidos complejos, llevándolos hasta compuestos solubles más simples, los cuales pueden ser utilizados por las bacterias con mayor facilidad. La celulosa y los almidones son hidrolizados hasta convertirlos en azúcares más simples, de la misma manera que las proteínas se fraccionan en aminoácidos. No sucede lo mismo con los ácidos grasos, que al parecer no son atacados por las enzimas extracelulares.

En un ambiente anaeróbico, las bacterias no tienen ilimitada serie de aceptores de hidrógeno, de tal manera que el alcance de su metabolismo resulta definitivamente limitado. Las bacterias, deben utilizar una porción de la materia orgánica degradada como aceptor de hidrógeno. Esto tiene como resultado, la producción de cantidades equimolares de compuestos orgánicos oxidados y reducidos. El balance entre oxidación y reducción, está básicamente en función del oxígeno presente en la materia orgánica en descomposición. Los carbohidratos con una razón C:O de 1:1 son los tipos de materiales que se descomponen más fácilmente; mientras que los ácidos grasos de cadena larga no se toman en cuenta inicialmente. El patrón metabólico se encamina hacia la formación de ácidos, los cuales traen como resultado un descenso en el pH, cuando se hayan en concentraciones suficientemente altas. El refuerzo paulatino de productos ácidos finales como resultado de la primera etapa del proceso de digestión, se conocce con el nombre de fase ácida.

La alta concentración de ácidos retarda el metabolismo posterior a esta fase, a causa de la sobreabundancia de productos finales en el sistema. Esencialmente, el

sistema biológico se acerca al equilibrio. Se desarrolla un segundo grupo de bacterias, las cuales pueden utilizar estos ácidos orgánicos. A medida que este segundo grupo de bacterias se desarrolla, los ácidos orgánicos van siendo metabolizados a dióxido de carbono y metano. El metabolismo de los aminoácidos trae como resultado la liberación de amoníaco, el cual a su vez neutraliza una porción del ácido remanente. De esta manera, el pH se eleva a un nivel más favorable para el desarrollo bacteriano. Esta segunda etapa del proceso de digestión, se conoce como la fase metano.

La fermentación del metano rápidamente disminuye el exceso de ácidos y permite una degradación posterior de los compuestos orgánicos más complejos. Los ácidos grasos permanecen esencialmente intactos, hasta que se cuente con una población de bacterias de metano en condiciones idóneas para metabolizarlos. Es entonces, cuando estos ácidos entran al metabolismo de las bacterias metanogénicas. Mientras que en la fase ácida, no se utilizan a causa de la ausencia de aceptores de hidrógeno adecuados, las bacterias del metano hacen uso del dióxido de carbono como su aceptor de hidrógeno. Las bacterias metanogénicas rompen los ácidos grasos en ácidos más simples, por una reacción conocida como beta-oxidación, utilizando dióxido de carbono como aceptor de higrógeno y agua como donador de oxígeno. El ácido ascético formado, es llevado hasta metano y dióxido de carbono por reacciones directas del metabolismo.

Mientras el digestor sea capaz de mantener una población bacteriana balanceada entre formadores de ácido y metanogénicas, no hay razón para que se originen problemas operacionales importantes. La materia orgánica adicionada al digestor, es transformada rápidamente a metano y dióxido de carbono. Desafortunadamente, una adición repentina de grandes cantidades de materia orgánica, lista para ser degradada, provoca rápidamente la formación de ácido en exceso; con la consecuente disminución del pH y la actividad bacteriana. A causa de las bacterias del metano y a los pH bajos, la determinación de acidos volátiles, se considera una de las más importantes pruebas en la operación del digestor. En la

actualidad, la determinación de los ácidos volátiles es un indicador indirecto de la existencia de problemas en el proceso. En la digestión de aguas negras, un incremento en los ácidos volátiles por arriba de los 2,000 mg/l indican ya un serio problema. La relación entre los ácidos volátiles y los problemas del digestor, han llevado a muchos a culpar directamente a los ácidos volátiles de todos los problemas. Aunque, en estudios de laboratorio, se ha demostrado que por sí mismos no son tóxicos para las bacterias metanogénicas. En condiciones apropiadas, es posible operar un digestor con buena produccion de gas a 20,000 mg/l de ácidos volátiles. En una concentración tal, las bacterias metanogénicas no son inhibidas por los ácidos, siempre y cuando el pH se mantenga alrededor de 6.5. La tazà de metabolismo de las bacterias del metano, en esta concentración de ácidos volátiles está limitada por la concentración de cationes solubles requeridos, para neutralizar los ácidos volátiles en el nivel de pH deseado (Mc Kinney, 1962).

3.2.2 Tipos de Microorganismos.

Los microorganismos anaeróbicos presentes en un digestor anaeróbico estan altamente especializados. Los hongos y protozoarios, son organismos que no pueden vivir en ambientes anaeróbicos; lo que hace a muchos dudar de la participación de hongos en el proceso, pues se han realizado aislamientos periódicos de éstos, a partir de los lodos del reactor. De hecho, las esporas de hongos y los quistes de protozoarios no se afectan durante el proceso de digestión y pueden aislarse del digerido por medio de técnicas aeróbicas. Las esporas son bastante resistentes al paso por el digestor y se mantienen hasta llegar a un ambiente más apropiado.

Los dos grupos de bacterias que pueden vivir en el digestor, son las bacterias facultativas y las anaeróbicas estrictas. Las bacterias formadoras de ácidos comprenden predominantemente bacterias facultativas; aunque se incluyen anaeróbicas. La facilidad de desarrollo de las bacterias facultativas, les da una ventaja muy grande sobre las anaeróbicas estrictas. Es interesante notar que las bacterias predominantes en los lodos activados y en una face de la digestión anaeróbica, son de una y del mismo grupo de bacterias. Varias especies de *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Escherichia* y *Aerobacter*, contribuyen a la producción de ácidos.

Las bacterias generadoras de metano, son un pequeño grupo especializado y de carácter anaeróbico obligado. Las bacterias del metano, han sido muy dificiles de aislar y estudiar; por lo que muy poco se conoce sobre este grupo de bacterias, de manera individual. Las bacterias que han podido ser aisladas pertenecen al género *Metanobacterium*, *Metanosarcina* y *Metanococcus*.

Existe un tercer grupo de bacterias, presentes en digestores anaeróbicos que se conocen como desulfovibrio. La importancia del desulfovibrio, depende de la

concentración de sulfato en el digestor. Basta con revisar el hecho de que este grupo de bacterias son anaeróbicas estrictas; que utilizan sulfato como su aceptor de hidrógeno con la producción de ácido sulfhídrico como producto final reducido. En aguas negras domésticas, los reductores de sulfato no son parte significativa de la población bacteriana (Mc Kinney, 1962).

3.2.3 Teoría de Operación

En vista del hecho de la simplicidad biológica de la digestión anaeróbica y comparada con el proceso aeróbico, uno puede cuestionarse el porqué de tantos problemas de los sistemas de digestión anaeróbica. La práctica común resulta en un sistema con bajos niveles de alimentación, que no es capaz de resolver altas cargas de materia orgánica que lleguen de manera repentina debido a la baja población bacteriana.

Los conceptos metabólicos básicos tienen una gran importancia para comprender los procesos de digestión de las bacterias anaeróbicas. El hecho de que las bacterias anaeróbicas deben metabolizar mayor cantidad de materia orgánica que las bacterias aeróbicas, significa que si mantenemos una población bacteriana constante, el sistema anaeróbico tendrá que ser alimentado con materia orgánica cinco veces más que un sistema aeróbico. El común de los diseños de digestores para aguas residuales se construyen con una base de 0.1 lb de sólidos volátiles por pié cúbico por día. Como un 40 a 50 % de los sólidos volátiles en lodos de desecho no son biológicamente degradables, la carga biológica es en realidad solo 0.05 lb de sólidos volátiles por pie cúbico por día. En una base comparativa con lodo activado la DBO_5 equivalente en el digestor anaeróbico es solo 50 lb/1000 pies cúbicos contra 40 lb/1000 pies cúbicos para lodo activado convencional. Considerando el hecho de que los digestores anaeróbicos son operados con un período de retención prolongado con altos niveles de sólidos, no sorprende que la masa de microorganismos activos es extremadamente pequeña, generalmente menor de 1% del total de sólidos removidos del digestor. Con tal masa activa de microorganismos no es sorprendente el hecho de encontrar que hay poca materia orgánica biológicamente oxidable descargada del digestor. La mayor

fuente de DBO en el sobrenadante se debe a la nitrificación, esto debido a la oxidación del nitrógeno del amonio generado en exceso proveniente de la digestión de proteínas. La baja población bacteriana hace al digestor anaeróbico muy susceptible a perturbarse por leves cargas repentinas.

Considerando la microbiología de digestores anaeróbicos y las reacciones bioquímicas que conlleva, pudiera ser posible postular cómo debiera construirse un digestor para alcanzar la mayor estabilidad con el menor esfuerzo. Al proveer un ambiente más favorable en los digestores, es posible reducir el proceso de digestión hasta seis días. Con la utilización de los principios básicos pudieran obtenerse períodos de retención mas cortos.

3.2.4 Descripción de la digestión anaeróbica de los lodos de desecho

La unidad básica de tratamiento del proceso de digestión anaeróbico, es meramente un tanque; usualmente un tanque de concreto circular, con o sin cubierta. En los tanques sin cubierta, la masa de lodo de la superficie del tanque se seca rápidamente, formando una cubierta sólida. Inicialmente, los tanques fueron diseñados para mantener los lodos por varios meses; mientras los microorganismos lentamente hacían la digestión. Como el volumen de sólidos se incrementa, son necesarios procesos más rápidos. La adición de calor resultó en el incremento de la actividad biológica con un período de digestión más corto (Fig. 3.1).

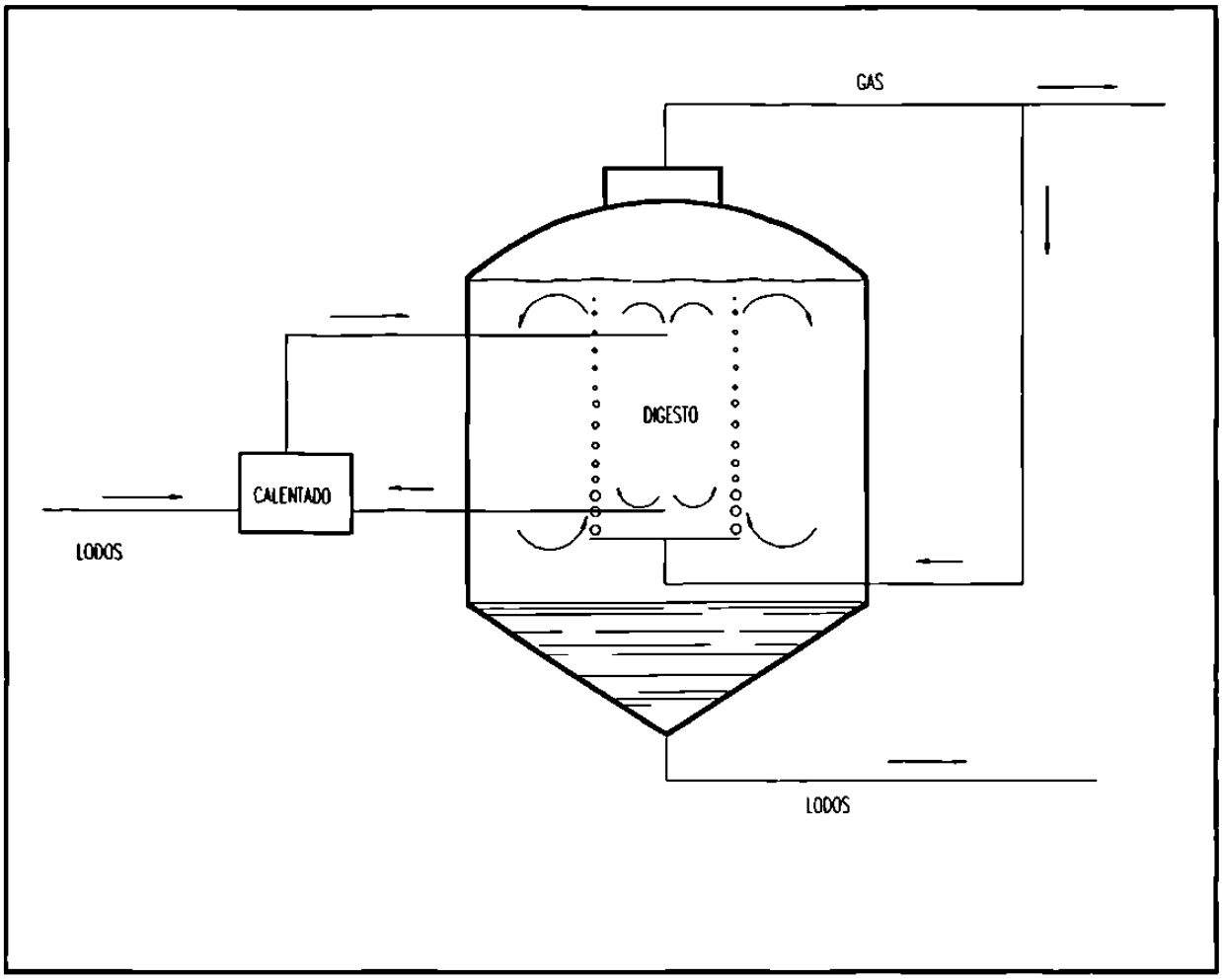


Figura 3.1 Digestor Anaeróbico de Lodos.

El mezclado mecánico y el mezclado de gas, siguieron como medios para acelerar los procesos. Esto hizo posible acortar en 30 días lo que tardaba de 4 a 6 meses. Los lodos son bombeados a través de un intercambiador de calor externo, para incrementar la temperatura antes de introducirlos dentro del digestor, Figura No. 3.1.

Las pérdidas de calor provenientes del digestor requieren que el contenido de éste sea reciclado lentamente a través de un calentador, para mantener los lodos en el digestor a 35 °C.

Para mantener los lodos del digestor en movimiento, se puede usar una mezcla mecánica o una mezcla con gas. Diseños más apropiados de mezcladores de cualquiera de los tipos anteriores, producen los mismos resultados.

Una vez que los microorganismos han terminado de digerir los sólidos orgánicos, el lodo es drenado del digestor por gravedad (McKinney, 1962).

3.2.5 Estabilización de los lodos de desecho.

El lodo de desecho consiste en sólidos orgánicos e inorgánicos, además de que contiene un gran volumen de agua. La fracción menor de sólidos en los lodos es altamente ofensiva. Esto involucra un problema muy complejo en el manejo y disposición de los lodos.

Para el tratamiento de los lodos de desecho se pueden incluír algunos de los siguientes sistemas de tratamiento:

1.- Espesador.

2.- Estabilización o digestión.

3.- Deshidratación.

4.- Disposición.

Se producen grandes volúmenes de líquido residual cuando el lodo es tratado. Este líquido residual contiene una gran concentración de sólidos suspendidos y DBO; y amerita ser retornado a un tratamiento primario o secundario.

El propósito principal de la estabilización de los lodos es la reducción de patógenos, la eliminación de malos olores y el control de la putrefacción de la materia orgánica. La estabilización del lodo puede ser complementada con procesos biológicos, químicos o físicos. Como ejemplo, si el lodo es secado e incinerado, no es necesario

emplear un procedimiento de estabilización; si el lodo se deja sobre el suelo, entonces es necesaria su estabilización para controlar los olores y los elementos patógenos.

En la digestión anaeróbica se utilizan tanques, en los cuales los microorganismos anaeróbicos estabilizan la materia orgánica, produciendo metano y dioxido de carbono. Entonces la digestión del lodo es estable, inofensiva y con baja cantidad de patógenos y se concidera al lodo ya listo para ser usado en el acondicionamiento de suelos.

La digestión anaeróbica, involucra complejos procesos bioquímicos, en los cuales, varios grupos de microorganismos anaeróbicos y facultativos, simultáneamente, asimilan y degradan la materia orgánica (Metcalf & Eddy, 1991).

CAPITULO 4

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL TIPO SECUENCIAL INTERMITENTE (SBR)

CAPITULO 4

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL TIPO SECUENCIAL INTERMITENTE (SBR)

Un reactor secuencial intermitente (SBR), es un proceso de tratamiento de lodos activados, aplicable en el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico e industrial. El ciclo de tratamiento de un SBR, consiste en una secuencia de tiempos, en los cuales normalmente se incluyen los siguientes pasos: LLENADO, REACCION, SEDIMENTACION, DECANTACION E INACTIVIDAD. Cuando la remoción biológica de nutrientes es la deseada, los tiempos en el ciclo son ajustados para proporcionar períodos anóxicos.

La aireación en un SBR puede ser proporcionada por difusores de burbuja fina o gruesa; aireadores-mezcladores flotantes o aereación por asperción. El proceso SBR es normalmente precedido por algún tipo de tratamiento preliminar, como pueden ser: rejas, trituradores y desarenadores. Debido a que el proceso SBR opera por medio de una serie de tiempos programados, la aireación y la sedimentación pueden efectuarse en el mismo tanque; eliminando con ello la necesidad de contar con un clarificador secundario.

La tecnología en el tratamiento del agua residual mediante el sistema SBR, tiene la ventaja de ser muy flexible en términos de sincronización del reactor y tiempos de sedimentación, ante las difíciles características por manejar de un agua residual en particular.

Algunas modificaciones comunes en el sistema de tratamiento de aguas residuales SBR, pueden ser dadas para un tratamiento secundario o avanzado, como: nitrificación, desnitrificación y remoción biológica de nutrientes.

4.1 Descripción del Funcionamiento de la planta piloto.

La planta piloto es del tipo secuencial intermitente (SBR), cuenta con una capacidad hidráulica máxima de tratamiento de 0.5 lps, para el caso de agua residual puramente doméstica, disminuyendo su capacidad, si las características de carga orgánica del agua a tratar son altas.

La planta incluye una serie de tres tanques (Fig. 4.1), de los cuales el primero, es un tanque receptor al que llega el agua residual "cruda"; el segundo, es un tanque de transferencia que se encarga de regular el gasto de alimentación del último tanque, que es el reactor aeróbico. La planta cuenta con un sistema de automatización, que regula los tiempos de retención hidráulicos de los diferentes tanques, así como los gastos del efluente clarificado y de los lodos de desecho.

El tanque de recepción cumple con varios objetivos, ya que sirve como sedimentador primario, desnatador, tanque de igualación-homogenización y como digestor, pues en este tanque también se tratan los lodos de desecho. Es importante señalar que el agua de entrada al tanque tiene que cribarse y desarenarse, lo cual no es necesario frente a algunas aguas residuales, sobre todo del tipo industrial. El tanque también cuenta con un mecanismo de control de excedentes, que regula el gasto máximo de entrada a la planta, en caso de que se presenten flujos pico, provocados principalmente por lluvias torrenciales.

La función del tanque de transferencia es regular el flujo de entrada al reactor aeróbico, para que la alimentación sea constante, de acuerdo a los tiempos programados. Este tanque, trabaja en conjunto con el tanque de recepción, para proporcionar la igualación del flujo hidráulico del influente de la planta.

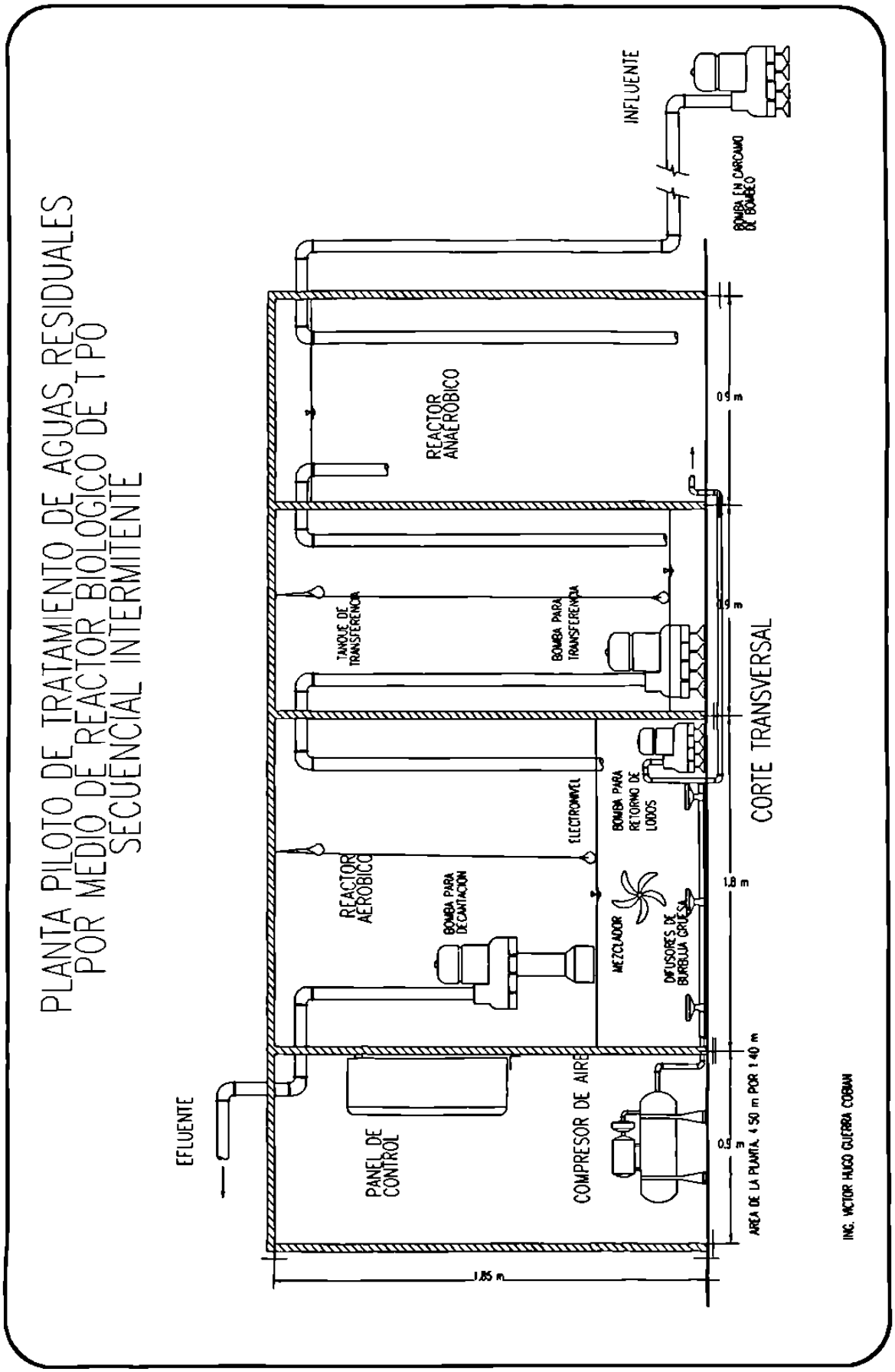

PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
POR MEDIO DE REACTOR BIOLOGICO DE TIPO
SECUENCIAL INTERMITENTE
INFLUENTE
BOMBA EN CARCAMO DE BOMBEO
REACTOR ANAEROBICO
0.9 m
TANQUE DE TRANSFERENCIA
BOMBA PARA TRANSFERENCIA
0.9 m
CORTE TRANSVERSAL
ELECTRONIVEL
BOMBA PARA RETORNO DE LODOS
REACTOR AEROBICO
BOMBA PARA DECANTACION
MEZCLADOR
DIFUSORES DE BURBUJA GRUESA
1.8 m
EFLUENTE
PANEL DE CONTROL
COMPRESOR DE AIRE
0.9 m
AREA DE LA PLANTA, 4.50 m POR 1.40 m
1.85 m
ING. VICTOR HUGO GUERRA COBIAN

FIGURA 4.1

El reactor aeróbico es del tipo secuencial, por lo que también sirve como clarificador. La aireación en el tanque, se hace por medio de difusores de burbuja gruesa, abastecidos por un soplador que funciona de manera intermitente; para crear condiciones de máxima saturación y abatimiento de oxígeno disuelto, que sirven para provocar la nitrificación/desnitrificación del licor mezclado del reactor y de esta manera, eliminar el nitrógeno del agua tratada.

La planta piloto está diseñada para funcionar con gastos pequeños, comprendidos entre los 0.5 lps y 0.02 lps. Las concentraciones de oxígeno disuelto en el licor mezclado se controlan por medio de un medidor de oxígeno disuelto, colocado en el interior del reactor aerobio y conectado directamente al sistema de automatización de la planta.

Durante la etapa anóxica, mientras el soplador está apagado, el licor mezclado en el reactor aerobio se mantiene en agitación constante; para evitar que los sólidos en suspensión se sedimenten y para estimular el contacto de la biomasa. La dosificación del agua residual a tratar en el reactor aerobio, se hace por medio de ciclos de llenado escalonado, que en suma comprenden un ciclo completo de reacción; que puede variar desde 4 hasta 20 horas, de tiempo de retención hidráulico, dependiendo de las características del agua a tratar.

El tiempo de cada ciclo de llenado escalonado, se programa de acuerdo al tiempo de retención hidráulico de cada ciclo de reacción; el cual depende de varios factores. Los más importantes son: el gasto medio obtenido con la igualación de flujo y las características de carga orgánica del agua a tratar (Fig. 4.2).

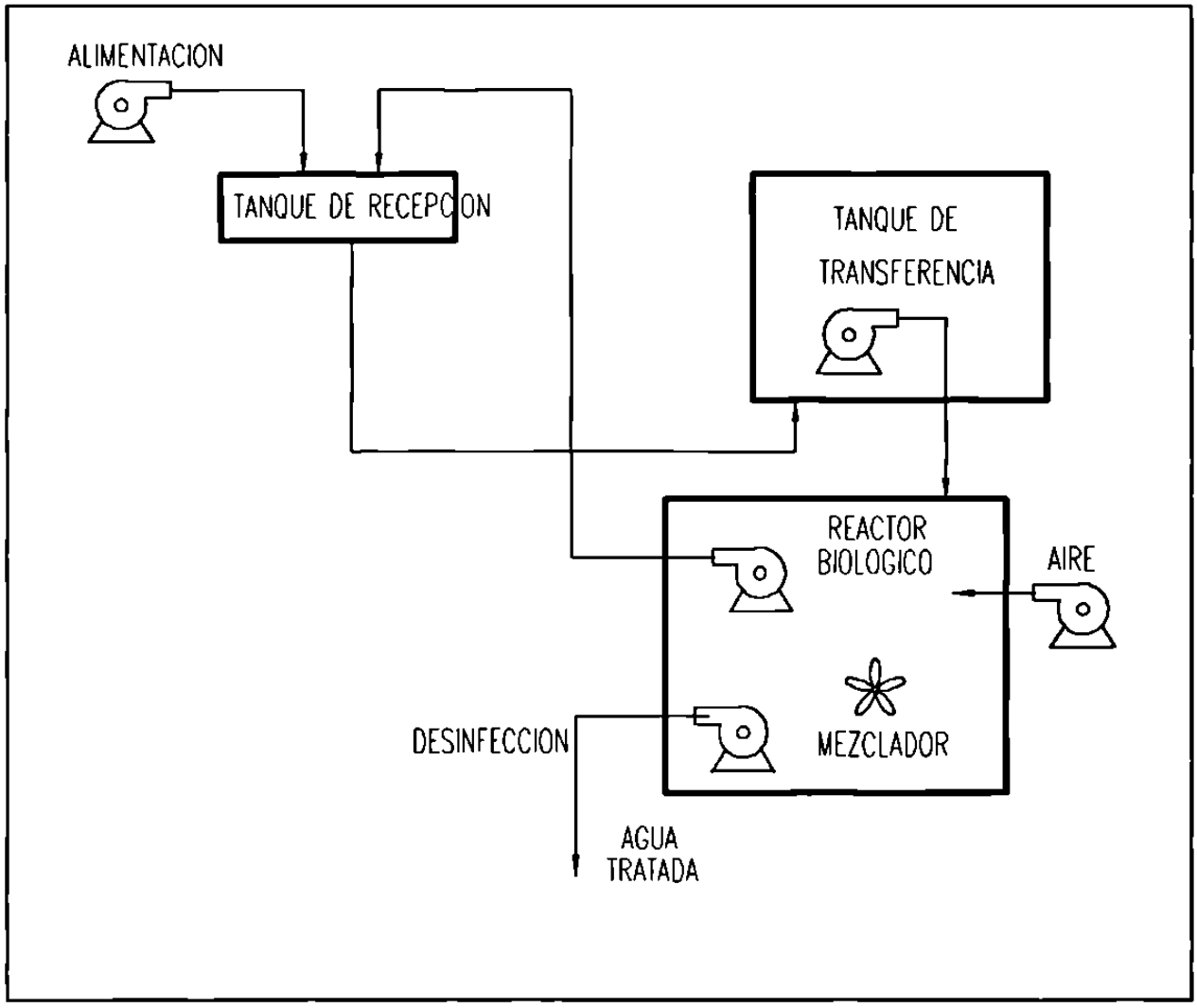


Figura 4.2 Diagrama de Flujo de la Planta Piloto

Después de completar los ciclos escalonados de llenado del reactor aeróbico, dentro de los cuales se incluyen los ciclos de saturación y abatimiento de oxígeno disuelto; el licor mezclado se deja sedimentar en el reactor durante 60 minutos, para formar un colchón de lodos sedimentados, de aproximadamente un tercio de la altura del reactor y desalojar el líquido clarificado que es el producto final de la planta. Una porción de los lodos sedimentados, se retorna al tanque de recepción para tratarse anaeróbicamente.

La formación de una biomasa activa de tipo anaeróbica en el tanque receptor proporciona un pretratamiento anaeróbico al influente de la planta. La combinación de

este pretratamiento con el tratamiento del reactor aeróbico, da como resultado una remoción biológica de nutrientes en el sistema.

4.2 Descripción del tanque de recepción.

El tanque de recepción es el primer tanque que forma parte de la planta piloto. Tiene un área de 0.9 m. por 1.4 m. y una altura igual que toda la planta, de 1.85 m.;por lo tanto, tiene una capacidad de 2.33 m3.

De acuerdo a los tiempos de programación y al gasto de entrada de la planta (Bañuelos, 1994), el tanque tiene un tiempo de retención hidráulico de 19.47 hrs.

En este tanque, es donde entra el agua residual que se va a tratar. El tanque de recepción funciona como sedimentador primario, pues es aquí donde se sedimentan los "Lodos Primarios" para darles un tratamiento anaeróbico.

Los lodos primarios, estan en función de la cantidad de los sólidos sedimentables en el influente de la planta, medidos en un cono imhoff y expresados en ml/l. En el capítulo del "Analisis cualitativo del agua residual de la planta de AIMSU", se da la información recabada de los parámetros medidos en el laboratorio de esta planta; los cuales sirvieron como apoyo y comparación de la presente investigación.

También funciona el tanque de recepción como un desgrasador; pues en este tanque, las grasas y aceites presentes en el influente son atrapadas por el lodo del fondo del tanque; debido a que la tubería del influente a la planta descarga en el fondo del mismo y es aquí en donde se encuentran los lodos arenosos.

En el tanque de recepción, se le da un pretratamiento anaeróbico al agua residual, ya que se desarrollan procesos anaeróbicos, debido a que el tanque no cuenta con un sistema de aireación; pues así precisamente fué diseñado.

Al realizar una observación visual al tanque de recepción, se encontró que el agua residual contenida en el tanque está en condiciones anaeróbicas. Se observan burbujas en la parte superior, en el espejo de agua, las cuales indican la generación de gases (Metano y Dioxido de Carbono), debidos a los procesos de descomposición anaeróbicos y a que se están digiriendo en el fondo del tanque, los lodos primarios y los lodos de retorno.

También se observó la formación de una película tipo nata en la superficie, además de algunas semillas, hojas, pedazos pequeños de papel y otro tipo de basuras típicas de las aguas residuales, que no se alcanzan a detener ni en las rejillas ni en el desarenador.

Al realizar un muestreo en el tanque, para determinar la formación de estratos (Fig. 4.3); se encontró que el agua, en general, es de un color obscuro (negro) y con un olor característico del agua residual en condiciones anaeróbicas.

En el fondo del tanque y con un espesor aproximado de 0.3 m., se encontraba una gran cantidad de lodo arenoso fino, de color negro, similar al que se obtiene cuando se desasolvan los drenajes sanitarios, que no permitía el paso de la luz; lo cual se confirmó al observar una muestra contenida en un frasco de vidrio y viéndola a contra luz.

En la parte intermedia del tanque y con un espesor aproximado de 0.5 m., el líquido tenía un color negro, con algo de partículas en suspención muy finas de color negro. Aqui el paso de la luz es muy tenue.

En la parte superior del tanque, el sobrenadante tenía un espesor de 0.9 m. aproximadamente; el líquido es de color negro y permite el paso de la luz, si se observa la muestra contenida en un frasco de vidrio. Además, presenta las partículas en flotación descritas anteriormente.

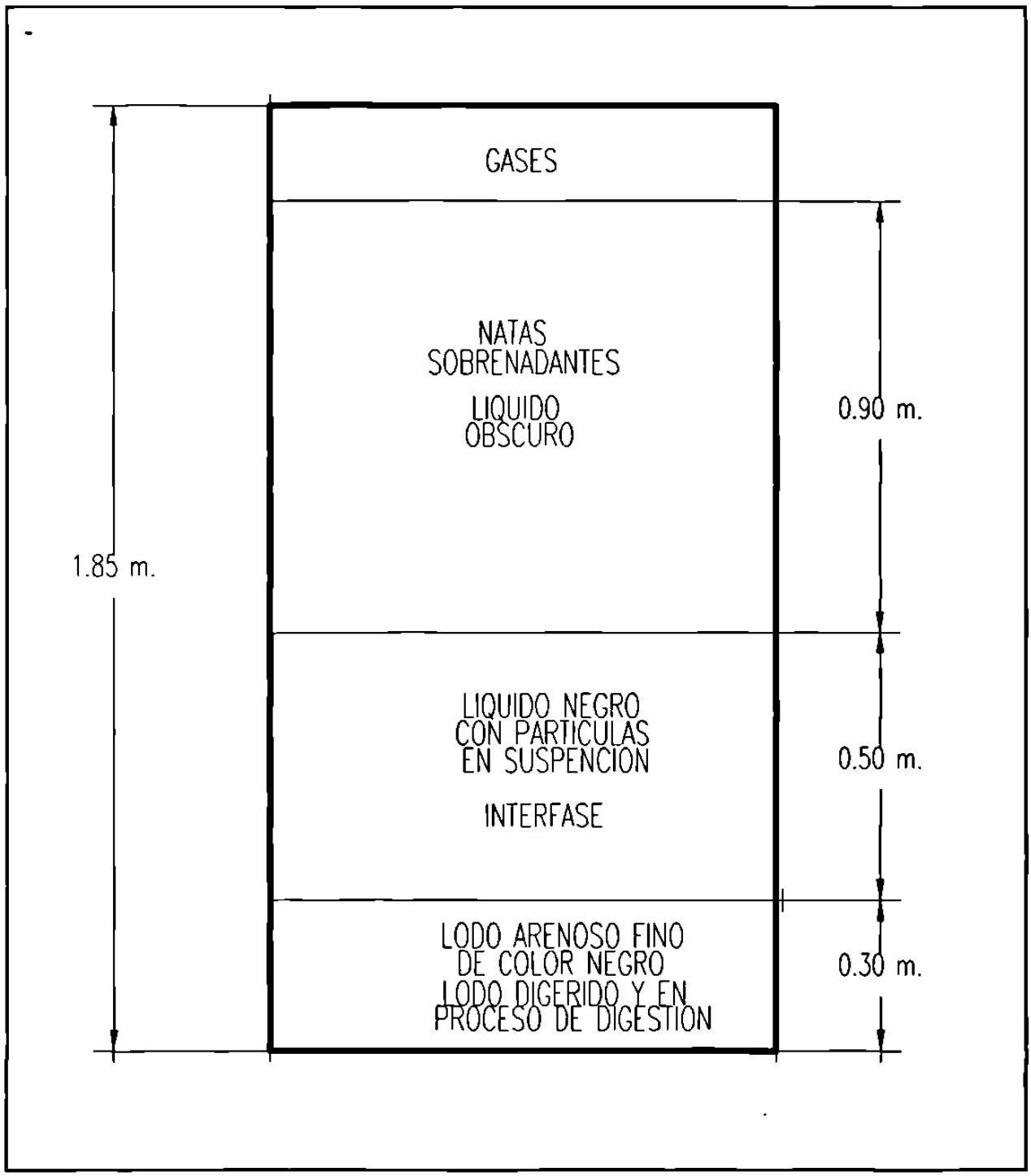


Fig. 4.3 Distribución de los estratos en el tanque de recepción.

CAPITULO 5

ANALISIS CUALITATIVO DEL AGUA RESIDUAL EN EL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE A.I.M.S.U.

CAPITULO 5

ANALISIS CUALITATIVO DEL AGUA RESIDUAL EN EL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE A.I.M.S.U.

5.1 Resumen del control analítico diario.

El resumen del control analítico diario es uno de los objetivos dentro del presente estudio, ya que es muy importante tener la información generada en el análisis del agua residual de la planta. Además, la información que se presenta a continuación sirvió como parámetro de comparación entre la planta piloto en la cual se desarrolla la tesis y la planta de AIMSU.

La información es presentada en forma de tablas en las cuales aparecen los principales parámetros como: DBO_5, DQO, PO_4, SST, SVT, SDT, Grasas y Aceites, pH, Temperatura, etc. obtenidos del muestreo diario en la planta de AIMSU. Los parámetros están basados en promedios mensuales en el influente y efluente; valores máximos mensuales en el influente y efluente y valores mínimos mensuales en el influente y efluente.

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL

EFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	198.0	196.0	200.0	210.0	198.0	205.0	237.0	240.0	210.0	212.0	211.0	151.0
Temperatura		oC	24.0	23.0	25.0	28.0	30.0	30.0	31.0	33.0	31.0	29.0	25.0	25.0
pH		Unidad	7.0	7.0	6.8	7.0	7.1	7.0	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1
Turbiedad		Unidad	11.0	15.0	15.5	13.0	11.2	11.9	11.4	15.0	0.0	0.0	15.3	13.0
Fosfato (PO4)		mg/l	11.0	11.5	14.1	12.1	9.4	10.3	11.9	13.0	11.0	10.0	12.0	11.0
DQO		mg/l	129.0	152.0	129.0	123.0	130.0	140.0	163.0	173.0	120.0	125.0	137.0	126.0
DBO5		mg/l	16.0	9.0	12.0	11.0	14.0	15.0	15.0	12.0	10.0	9.0	12.0	9.0
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1035.0	1045.0	1053.0	1167.0	1191.0	1062.0	1448.0	1549.0	1263.0	1080.0	1081.0	1132.0
	Fijos	mg/l	841.0	888.0	866.0	980.0	1015.0	854.0	1196.0	1371.0	1124.0	938.0	966.0	1032.0
	Volatiles	mg/l	194.0	157.0	187.0	187.0	176.0	208.0	252.0	178.0	139.0	142.0	115.0	100.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	22.0	32.0	23.0	23.0	21.0	20.0	32.0	28.0	20.0	12.0	13.0	12.0
	Fijos	mg/l	11.0	18.0	10.0	8.0	6.0	4.0	6.0	9.0	10.0	3.0	6.0	4.0
	Volatiles	mg/l	11.0	14.0	13.0	15.0	15.0	16.0	26.0	19.0	10.0	9.0	7.0	8.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1013.0	1013.0	1030.0	1144.0	1170.0	1042.0	1416.0	1521.0	1243.0	1068.0	1068.0	1120.0
	Fijos	mg/l	830.0	870.0	856.0	972.0	1009.0	850.0	1190.0	1362.0	1114.0	935.0	960.0	1028.0
	Volatiles	mg/l	183.0	143.0	174.0	172.0	161.0	192.0	226.0	159.0	129.0	133.0	108.0	92.0
Grasas y Aceites		mg/l	24.0	31.0	48.0	28.0	20.0	63.0	40.0	23.0	15.0	17.0	15.0	6.0

Tabla 5.1.1

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL

INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	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
DBO5		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
DQO		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		mg/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
	Volatiles	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
	Volatiles	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
	Volatiles	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
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

Tabla 5.1.2

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL

			EFLUENTE											
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	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
Turbiedad		Unidad	17.0	32.0	23.2	17.0	15.0	16.0	16.0	17.0	0.0	0.0	22.0	30.0
Fosfato (PO4)		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
DQO		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
DBO5		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
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
	Volatiles	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 Suspendidos	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
	Volatiles	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
	Volatiles	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

Tabla 5.1.3

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL

INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	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
DBO5		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
DQO		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		mg/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
	Volatiles	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
	Volatiles	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
	Volatiles	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
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

Tabla 5.1.4

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL

EFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	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
Turbiedad		Unidad	8.0	9.0	8.3	7.0	7.0	8.0	8.0	12.0	0.0	0.0	10.0	7.5
Fosfato (PO4)		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
DQO		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
DBO5		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
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
	Volatiles	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
	Volatiles	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
	Volatiles	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

Tabla 5.1.5

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL

INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	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
DBO5		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
DQO		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		mg/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
	Volatiles	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 Suspendidos	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
	Volatiles	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
	Volatiles	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
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

Tabla 5.1.6

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1994
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL

EFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	23.0	23.0	25.0	27.0	29.0	31.0	32.0	32.0	31.0	30.0	28.0	25.0
pH		Unidad	7.1	7.2	6.8	7.2	7.2	7.2	7.1	7.0	7.1	7.1	7.0	7.1
Turbiedad		Unidad	10.0	11.5	15.5	9.0	7.7	8.9	9.1	8.6	8.8	9.0	8.0	8.3
Fosfato (PO4)		mg/l	10.0	12.7	14.1	11.0	12.0	11.7	15.5	13.0	14.5	13.3	13.4	11.9
DQO		mg/l	123.0	126.0	129.0	133.0	117.0	120.0	140.0	107.0	108.0	115.0	107.0	115.0
DBO5		mg/l	6.0	10.0	12.0	11.0	7.0	9.0	8.0	8.0	10.0	5.0	6.0	12.0
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1016.0	1040.0	1053.0	1017.0	988.0	978.0	1060.0	970.0	887.0	942.0	1023.0	939.0
	Fijos	mg/l	891.0	886.0	866.0	870.0	846.0	815.0	875.0	796.0	731.0	779.0	845.0	806.0
	Volatiles	mg/l	125.0	154.0	187.0	147.0	142.0	163.0	185.0	174.0	156.0	163.0	178.0	133.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	11.0	14.0	23.0	16.0	10.0	16.0	16.0	13.0	17.0	18.0	15.0	18.0
	Fijos	mg/l	2.0	5.0	10.0	5.0	2.0	3.0	3.0	2.0	3.0	4.0	3.0	2.0
	Volatiles	mg/l	9.0	9.0	13.0	11.0	8.0	13.0	13.0	11.0	14.0	14.0	12.0	16.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1005.0	1026.0	1030.0	1001.0	978.0	962.0	1044.0	957.0	870.0	924.0	1008.0	921.0
	Fijos	mg/l	889.0	881.0	856.0	865.0	844.0	812.0	872.0	794.0	728.0	775.0	842.0	804.0
	Volatiles	mg/l	116.0	145.0	174.0	136.0	134.0	150.0	172.0	163.0	142.0	149.0	166.0	117.0
Grasas y Aceites		mg/l	9.0	11.0	48.0	12.0	13.0	12.0	11.0	7.0	10.0	10.0	11.0	12.0

Tabla 5.1.7

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1994
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL

INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	140.0	149.0	168.0	224.0	222.0	204.0	211.0	225.0	202.0	200.0	185.0	196.0
Temperatura		oC	23.0	23.0	24.0	26.0	28.0	30.0	31.0	30.0	30.0	28.0	27.0	25.0
pH		Unidad	7.4	7.4	7.3	7.3	7.2	7.2	7.3	7.1	7.1	7.0	7.2	7.1
Fosfatos Totales		mg/l	13.0	15.0	16.1	16.2	16.0	16.4	17.0	14.5	15.0	17.7	13.0	15.0
DBO5		mg/l	598.0	374.0	308.0	389.0	329.0	277.0	409.0	317.0	385.0	222.0	285.0	345.0
DQO		mg/l	1618.0	1161.0	1121.0	1135.0	1156.0	913.0	1268.0	1139.0	990.0	834.0	785.0	799.0
Sólidos Sedimentables		mg/l	28.7	22.0	33.0	36.0	26.0	17.0	32.0	22.0	11.0	21.0	12.0	19.0
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1975.0	1699.0	1691.0	1622.0	1629.0	1514.0	1884.0	1659.0	1406.0	1507.0	1433.0	1461.0
	Fijos	mg/l	1133.0	1053.0	1055.0	991.0	986.0	956.0	1054.0	1005.0	879.0	938.0	925.0	931.0
	Volatiles	mg/l	842.0	646.0	636.0	631.0	643.0	558.0	830.0	654.0	527.0	569.0	508.0	530.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	776.0	514.0	465.0	451.0	416.0	387.0	624.0	517.0	416.0	416.0	327.0	395.0
	Fijos	mg/l	252.0	160.0	127.0	134.0	123.0	113.0	179.0	163.0	115.0	118.0	95.0	115.0
	Volatiles	mg/l	524.0	354.0	338.0	317.0	293.0	274.0	445.0	354.0	301.0	298.0	232.0	280.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1199.0	1185.0	1226.0	1171.0	1213.0	1127.0	1260.0	1142.0	990.0	1091.0	1106.0	1066.0
	Fijos	mg/l	881.0	893.0	928.0	857.0	863.0	843.0	875.0	842.0	764.0	820.0	830.0	816.0
	Volatiles	mg/l	318.0	262.0	298.0	314.0	350.0	284.0	385.0	300.0	226.0	271.0	276.0	250.0
Grasas y Aceites		mg/l	196.0	131.0	184.0	138.0	133.0	128.0	140.0	118.0	100.0	95.0	81.0	87.0

Tabla 5.1.8

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1994
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL

EFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	24.0	25.0	27.0	29.0	30.0	33.0	33.0	33.0	32.0	31.0	29.0	28.0
pH		Unidad	7.2	7.3	7.0	7.3	7.3	7.3	7.3	7.1	7.4	7.4	7.4	7.2
Turbiedad		Unidad	16.0	21.0	23.2	12.0	9.5	11.9	11.3	12.6	12.0	13.0	10.0	9.2
Fosfato (PO4)		mg/l	13.0	17.0	31.0	15.6	16.0	17.0	20.0	17.0	17.3	18.6	27.0	18.0
DQO		mg/l	178.0	148.0	179.0	191.0	157.0	145.0	197.0	164.0	148.0	150.0	140.0	151.0
DBO5		mg/l	11.0	12.0	18.0	17.0	10.0	15.0	13.0	13.0	20.0	9.0	9.0	16.0
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1205.0	1188.0	1360.0	1096.0	1228.0	1208.0	1148.0	1112.0	1020.0	1024.0	1224.0	1052.0
	Fijos	mg/l	1029.0	977.0	1040.0	940.0	1084.0	948.0	948.0	896.0	852.0	884.0	1000.0	888.0
	Volatiles	mg/l	219.0	181.0	388.0	176.0	164.0	316.0	260.0	240.0	204.0	244.0	256.0	164.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	16.0	20.0	31.0	23.0	13.0	31.0	30.0	18.0	27.0	24.0	21.0	21.0
	Fijos	mg/l	4.0	10.0	27.0	8.0	3.0	8.0	6.0	3.0	7.0	7.0	6.0	3.0
	Volatiles	mg/l	20.0	15.0	22.0	18.0	10.0	25.0	24.0	16.0	21.0	19.0	17.0	21.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1191.0	1168.0	1335.0	1090.0	1218.0	1013.0	1119.0	1101.0	1006.0	1006.0	1204.0	1031.0
	Fijos	mg/l	1028.0	1049.0	1029.0	936.0	1082.0	946.0	967.0	896.0	887.0	856.0	999.0	886.0
	Volatiles	mg/l	215.0	172.0	381.0	166.0	158.0	201.0	176.0	227.0	185.0	226.0	204.0	145.0
Grasas y Aceites		mg/l	15.0	66.0	57.0	20.0	20.0	26.0	20.0	15.0	17.0	17.0	38.0	24.0

Tabla 5.1.9

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1994
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL

INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	24.0	25.0	26.0	27.0	30.0	31.0	32.0	33.0	32.0	30.0	29.0	27.0
pH		Unidad	7.7	7.4	7.6	7.4	7.4	7.3	7.5	7.4	7.4	7.2	7.6	7.4
Fosfatos Totales		mg/l	17.0	19.0	21.0	21.0	19.0	21.0	20.0	20.0	18.0	22.0	18.0	19.0
DBO5		mg/l	750.0	500.0	440.0	473.0	407.0	337.0	580.0	470.0	617.0	440.0	390.0	400.0
DQO		mg/l	2252.0	1429.0	1423.0	1220.0	1373.0	1255.0	1846.0	2000.0	1184.0	1009.0	897.0	1059.0
Sólidos Sedimentables		mg/l	57.0	40.0	54.0	57.0	57.0	35.0	54.0	49.0	34.0	42.0	26.0	35.0
Sólidos Totales	Totales	mg/l	2640.0	1936.0	2280.0	1860.0	1968.0	1844.0	2196.0	2204.0	1824.0	1748.0	1620.0	1632.0
	Fijos	mg/l	1487.0	1220.0	1432.0	1076.0	1184.0	1032.0	1188.0	1252.0	1056.0	1192.0	1012.0	1048.0
	Volatiles	mg/l	1157.0	713.0	1040.0	784.0	784.0	728.0	1048.0	952.0	820.0	748.0	884.0	616.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	1104.0	652.0	992.0	580.0	664.0	516.0	852.0	764.0	484.0	580.0	412.0	496.0
	Fijos	mg/l	392.0	280.0	320.0	176.0	232.0	148.0	228.0	284.0	152.0	208.0	136.0	152.0
	Volatiles	mg/l	776.0	408.0	596.0	404.0	476.0	396.0	624.0	528.0	512.0	412.0	300.0	364.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1361.0	1348.0	1620.0	1280.0	1432.0	1244.0	1484.0	1256.0	1100.0	1308.0	1432.0	1172.0
	Fijos	mg/l	1105.0	986.0	1312.0	1084.0	1000.0	1008.0	928.0	968.0	904.0	1108.0	1012.0	896.0
	Volatiles	mg/l	383.0	321.0	468.0	440.0	480.0	344.0	576.0	670.0	308.0	392.0	660.0	316.0
Grasas y Aceites		mg/l	245.0	167.0	628.0	185.0	189.0	197.0	186.0	236.0	155.0	173.0	133.0	116.0

Tabla 5.1.10

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1994
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL

EFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	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		oC	22.0	20.0	21.0	25.0	27.0	30.0	32.0	31.0	29.0	28.0	25.0	22.0
pH		Unidad	7.0	7.0	6.6	7.1	7.1	7.0	7.0	6.9	6.9	7.0	6.5	6.9
Turbiedad		Unidad	7.0	6.5	8.3	6.2	5.6	6.8	7.3	6.4	6.9	5.0	5.8	6.1
Fosfato (PO4)		mg/l	7.0	8.6	7.0	8.0	9.0	7.3	12.6	6.7	9.0	9.0	6.9	6.6
DQO		mg/l	103.0	107.0	89.0	92.0	76.0	87.0	108.0	73.0	87.0	85.0	56.0	67.0
DBO5		mg/l	2.0	6.0	2.0	6.0	5.0	6.0	5.0	5.0	3.0	2.0	2.0	6.0
Sólidos Totales	Totales	mg/l	866.0	926.0	908.0	916.0	852.0	892.0	972.0	876.0	756.0	860.0	928.0	836.0
	Fijos	mg/l	668.0	768.0	556.0	740.0	708.0	564.0	796.0	716.0	604.0	696.0	628.0	684.0
	Volatiles	mg/l	63.0	101.0	60.0	120.0	116.0	100.0	116.0	120.0	84.0	100.0	56.0	104.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	5.0	11.0	8.0	9.0	5.0	8.0	4.0	4.0	11.0	12.0	9.0	14.0
	Fijos	mg/l	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Volatiles	mg/l	3.0	5.0	5.0	7.0	5.0	8.0	8.0	6.0	8.0	11.0	8.0	12.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	853.0	912.0	706.0	899.0	846.0	878.0	958.0	865.0	741.0	848.0	911.0	814.0
	Fijos	mg/l	666.0	764.0	551.0	733.0	707.0	561.0	807.0	714.0	603.0	695.0	623.0	683.0
	Volatiles	mg/l	54.0	119.0	50.0	113.0	106.0	85.0	107.0	116.0	72.0	85.0	45.0	87.0
Grasas y Aceites		mg/l	4.0	4.0	10.0	5.0	5.0	5.0	4.0	2.0	4.0	4.0	2.0	6.0

Tabla 5.1.11

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1994
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL

INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	198.0	196.0	200.0	210.0	198.0	205.0	237.0	240.0	210.0	212.0	211.0	151.0
Temperatura		oC	21.0	22.0	21.0	25.0	26.0	27.0	30.0	28.0	28.0	26.0	23.0	23.0
pH		Unidad	7.2	7.3	6.9	7.1	7.1	7.1	7.1	6.9	6.9	6.7	6.6	6.8
Fosfatos Totales		mg/l	10.0	10.0	11.0	10.0	10.0	11.0	12.0	8.0	9.0	14.0	7.0	11.0
DBO5		mg/l	320.0	260.0	220.0	280.0	230.0	220.0	270.0	230.0	270.0	110.0	170.0	240.0
DQO		mg/l	960.0	1000.0	943.0	1021.0	932.0	752.0	844.0	855.0	605.0	673.0	561.0	571.0
Sólidos Sedimentables		mg/l	10.0	9.0	17.0	19.0	13.0	7.0	20.0	5.0	3.0	6.0	5.0	5.0
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1300.0	1442.0	1380.0	1272.0	1336.0	1352.0	1512.0	1392.0	948.0	1288.0	1292.0	1292.0
	Fijos	mg/l	1008.0	894.0	816.0	752.0	856.0	776.0	964.0	880.0	772.0	816.0	736.0	832.0
	Volatiles	mg/l	601.0	548.0	348.0	520.0	480.0	432.0	504.0	480.0	368.0	440.0	444.0	420.0
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	400.0	304.0	300.0	316.0	296.0	304.0	452.0	384.0	208.0	328.0	260.0	300.0
	Fijos	mg/l	100.0	92.0	44.0	76.0	72.0	72.0	140.0	96.0	60.0	68.0	68.0	96.0
	Volatiles	mg/l	300.0	212.0	188.0	240.0	220.0	212.0	332.0	282.0	212.0	232.0	192.0	192.0
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	1005.0	1088.0	996.0	1088.0	1096.0	1000.0	1016.0	960.0	888.0	940.0	952.0	992.0
	Fijos	mg/l	685.0	802.0	652.0	804.0	744.0	668.0	820.0	724.0	640.0	692.0	664.0	724.0
	Volatiles	mg/l	237.0	217.0	140.0	240.0	232.0	204.0	264.0	176.0	124.0	200.0	180.0	168.0
Grasas y Aceites		mg/l	112.0	116.0	101.0	78.0	104.0	93.0	104.0	71.0	62.0	41.0	44.0	75.0

Tabla 5.1.12

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1995
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL

EFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	198.0	196.0	200.0	210.0	198.0	205.0						
Temperatura		oC	23.0	24.0	25.0	27.0	30.0	32.0						
pH		Unidad	7.1	7.1	7.1	7.0	7.1	7.1						
Turbiedad		Unidad	8.4	8.8	10.4	5.4	7.8	11.1						
Fosfato (PO4)		mg/l	11.8	10.3	12.1	8.0	13.9	12.0						
DQO		mg/l	126.0	118.0	128.0	124.0	136.0	206.0						
DBO5		mg/l	12.0	10.0	13.0	10.0	11.0	30.0						
Sólidos Totales	Totales	mg/l	848.0	1129.0	1161.0	1089.0	1247.0	1807.0						
	Fijos	mg/l	705.0	977.0	1018.0	869.0	1031.0	1530.0						
	Volatiles	mg/l	142.0	152.0	143.0	220.0	216.0	277.0						
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	18.0	16.0	23.0	18.0	15.0	20.0						
	Fijos	mg/l	2.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0						
	Volatiles	mg/l	16.0	13.0	19.0	14.0	12.0	17.0						
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	830.0	1113.0	1138.0	1071.0	1232.0	1787.0						
	Fijos	mg/l	704.0	974.0	1014.0	865.0	1028.0	1527.0						
	Volatiles	mg/l	126.0	139.0	124.0	206.0	204.0	260.0						
Grasas y Aceites		mg/l	13.0	8.0	11.0	13.0	11.0	6.0						

Tabla 5.1.13

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1995
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL

INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	177.0	179.0	174.0	155.0	192.0	156.0						
Temperatura		oC	23.0	24.0	26.0	27.0	30.0	30.0						
pH		Unidad	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.3						
Fosfatos Totales		mg/l	13.1	11.1	13.1	13.5	14.7	14.6						
DBO5		mg/l	342.0	387.0	378.0	353.0	347.0	427.0						
DQO		mg/l	862.0	1081.0	848.0	696.0	719.0	908.0						
Sólidos Sedimentables		mg/l	16.6	27.9	31.4	32.7	43.5	24.9						
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1267.0	1708.0	1788.0	1705.0	1897.0	2397.0						
	Fijos	mg/l	774.0	1087.0	1135.0	1000.0	1163.0	1666.0						
	Volatiles	mg/l	494.0	621.0	653.0	705.0	734.0	731.0						
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	335.0	446.0	490.0	435.0	415.0	452.0						
	Fijos	mg/l	85.0	118.0	196.0	136.0	121.0	127.0						
	Volatiles	mg/l	250.0	328.0	294.0	299.0	294.0	325.0						
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	932.0	1262.0	1298.0	1270.0	1482.0	1945.0						
	Fijos	mg/l	689.0	969.0	939.0	864.0	1042.0	1539.0						
	Volatiles	mg/l	243.0	293.0	359.0	406.0	440.0	406.0						
Grasas y Aceites		mg/l	93.0	100.0	94.0	104.0	92.0	92.0						

Tabla 5.1.14

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1995
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL

			EFLUENTE											
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	262.0	263.0	217.0	228.0	183.0	152.0						
Temperatura		oC	25.0	26.0	29.0	31.0	32.0	33.0						
pH		Unidad	7.2	7.3	7.3	7.3	7.4	7.2						
Turbiedad		Unidad	11.0	12.5	15.0	13.6	12.5	15.1						
Fosfato (PO4)		mg/l	17.0	16.0	24.0	12.0	20.0	17.0						
DQO		mg/l	164.0	140.0	189.0	176.0	188.0	317.0						
DBO5		mg/l	15.0	16.0	17.0	18.0	20.0	61.0						
Sólidos Totales	Totales	mg/l	892.0	1212.0	1264.0	1280.0	1428.0	2484.0						
	Fijos	mg/l	780.0	1048.0	1088.0	1112.0	1204.0	2096.0						
	Volatiles	mg/l	224.0	208.0	196.0	412.0	296.0	388.0						
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	23.0	26.0	42.0	45.0	22.0	32.0						
	Fijos	mg/l	5.0	6.0	9.0	11.0	6.0	10.0						
	Volatiles	mg/l	20.0	20.0	33.0	34.0	19.0	29.0						
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	871.0	1196.0	1245.0	1264.0	1416.0	2473.0						
	Fijos	mg/l	775.0	1045.0	1086.0	1108.0	1200.0	2094.0						
	Volatiles	mg/l	209.0	193.0	181.0	405.0	286.0	379.0						
Grasas y Aceites		mg/l	25.0	18.0	36.0	36.0	42.0	11.0						

Tabla 5.1.15

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1995
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL

INFLUENTE													
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	211.0	225.0	202.0	200.0	185.0	196.0						
Temperatura		oC	26.0	27.0	30.0	32.0	32.0	32.0						
pH		Unidad	7.5	7.6	7.5	7.4	7.5	7.7						
Fosfatos Totales		mg/l	22.0	21.0	18.0	34.0	19.0	22.0						
DBO5		mg/l	430.0	470.0	460.0	478.0	527.0	500.0						
DQO		mg/l	1121.0	1770.0	1094.0	945.0	1078.0	1172.0						
Sólidos Sedimentables		mg/l	77.0	79.0	86.0	78.0	73.0	45.0						
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1432.0	1856.0	2088.0	2368.0	2380.0	3160.0						
	Fijos	mg/l	868.0	1240.0	1308.0	1284.0	1428.0	2396.0						
	Volatiles	mg/l	576.0	704.0	864.0	1172.0	964.0	1080.0						
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	460.0	556.0	600.0	696.0	608.0	556.0						
	Fijos	mg/l	104.0	176.0	404.0	392.0	188.0	172.0						
	Volatiles	mg/l	356.0	392.0	416.0	508.0	448.0	420.0						
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	988.0	1368.0	1664.0	1956.0	2000.0	2660.0						
	Fijos	mg/l	768.0	1096.0	1144.0	1152.0	1280.0	2244.0						
	Volatiles	mg/l	356.0	404.0	580.0	888.0	828.0	764.0						
Grasas y Aceites		mg/l	147.0	136.0	123.0	144.0	125.0	113.0						

Tabla 5.1.16

RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1995
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL

			EFLUENTE											
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	215.0	213.0	106.0	185.0	126.0	51.0						
Temperatura		oC	20.0	22.0	22.0	24.0	28.0	30.0						
pH		Unidad	6.9	7.0	7.0	6.8	6.9	6.9						
Turbiedad		Unidad	4.7	6.6	7.0	1.6	4.5	7.6						
Fosfato (PO4)		mg/l	7.0	8.0	8.0	3.0	8.0	6.0						
DQO		mg/l	75.0	88.0	95.0	64.0	78.0	119.0						
DBO5		mg/l	10.0	5.0	6.0	3.0	2.0	9.0						
Sólidos Totales	Totales	mg/l	780.0	1020.0	1088.0	720.0	996.0	1180.0						
	Fijos	mg/l	592.0	892.0	956.0	556.0	820.0	904.0						
	Volatiles	mg/l	84.0	100.0	76.0	112.0	164.0	188.0						
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	14.0	11.0	16.0	10.0	8.0	11.0						
	Fijos	mg/l	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0						
	Volatiles	mg/l	12.0	8.0	14.0	6.0	7.0	9.0						
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	766.0	1008.0	1065.0	707.0	988.0	1157.0						
	Fijos	mg/l	590.0	890.0	952.0	553.0	817.0	903.0						
	Volatiles	mg/l	69.0	92.0	58.0	96.0	147.0	178.0						
Grasas y Aceites		mg/l	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0						

Tabla 5.1.17

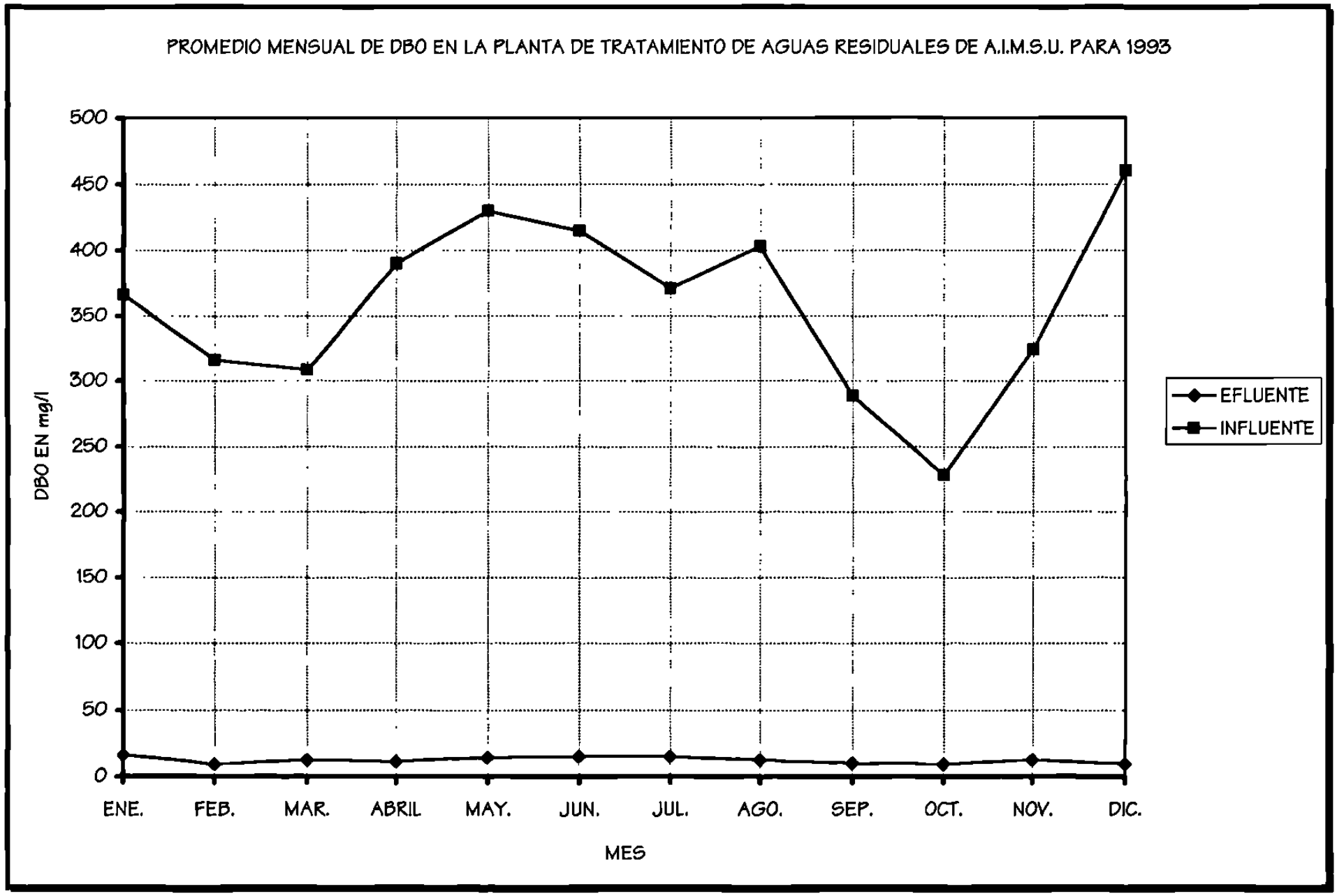
RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1995
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL

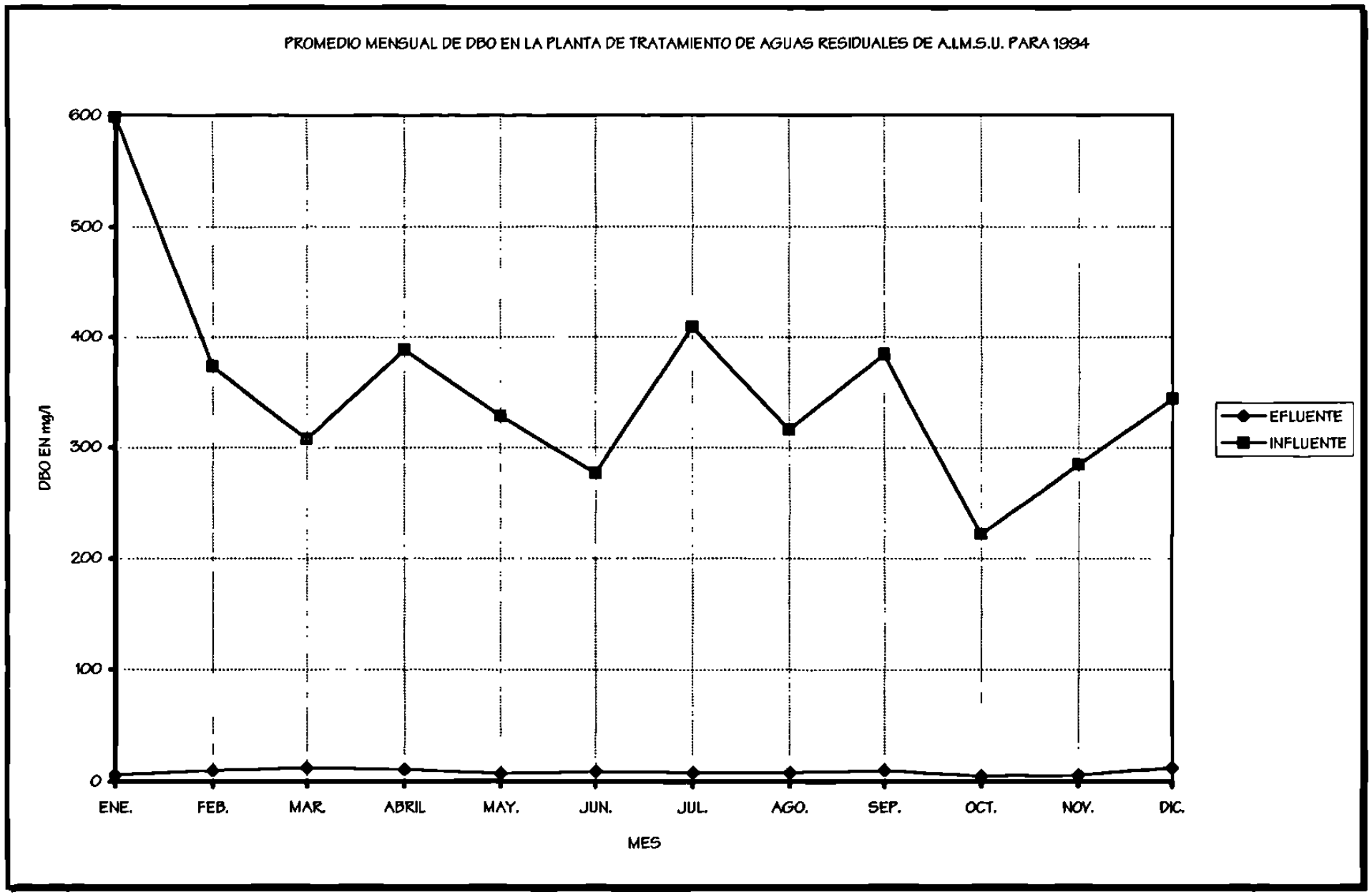
INFLUENTE														
		Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo		lps	288.0	294.0	242.0	277.0	253.0	211.0						
Temperatura		oC	20.0	22.0	23.0	22.0	21.0	28.0						
pH		Unidad	6.7	6.7	6.9	6.8	6.8	6.8						
Fosfatos Totales		mg/l	8.3	7.0	9.0	6.0	19.0	10.0						
DBO5		mg/l	270.0	217.0	250.0	240.0	233.0	320.0						
DQO		mg/l	727.0	745.0	679.0	367.0	458.0	667.0						
Sólidos Sedimentables		mg/l	4.0	8.0	8.0	7.0	8.0	5.0						
Sólidos Totales	Totales	mg/l	1068.0	1420.0	1624.0	1256.0	1464.0	1724.0						
	Fijos	mg/l	692.0	992.0	1032.0	696.0	920.0	1020.0						
	Volatiles	mg/l	364.0	428.0	508.0	368.0	508.0	420.0						
Sólidos Suspendidos	Totales	mg/l	264.0	292.0	312.0	300.0	196.0	332.0						
	Fijos	mg/l	68.0	88.0	68.0	48.0	60.0	68.0						
	Volatiles	mg/l	196.0	204.0	156.0	140.0	136.0	236.0						
Sólidos Disueltos	Totales	mg/l	772.0	1128.0	1144.0	904.0	1168.0	1276.0						
	Fijos	mg/l	620.0	904.0	652.0	304.0	820.0	912.0						
	Volatiles	mg/l	140.0	108.0	176.0	104.0	296.0	116.0						
Grasas y Aceites		mg/l	68.0	65.0	63.0	45.0	46.0	74.0						

Tabla 5.1.18

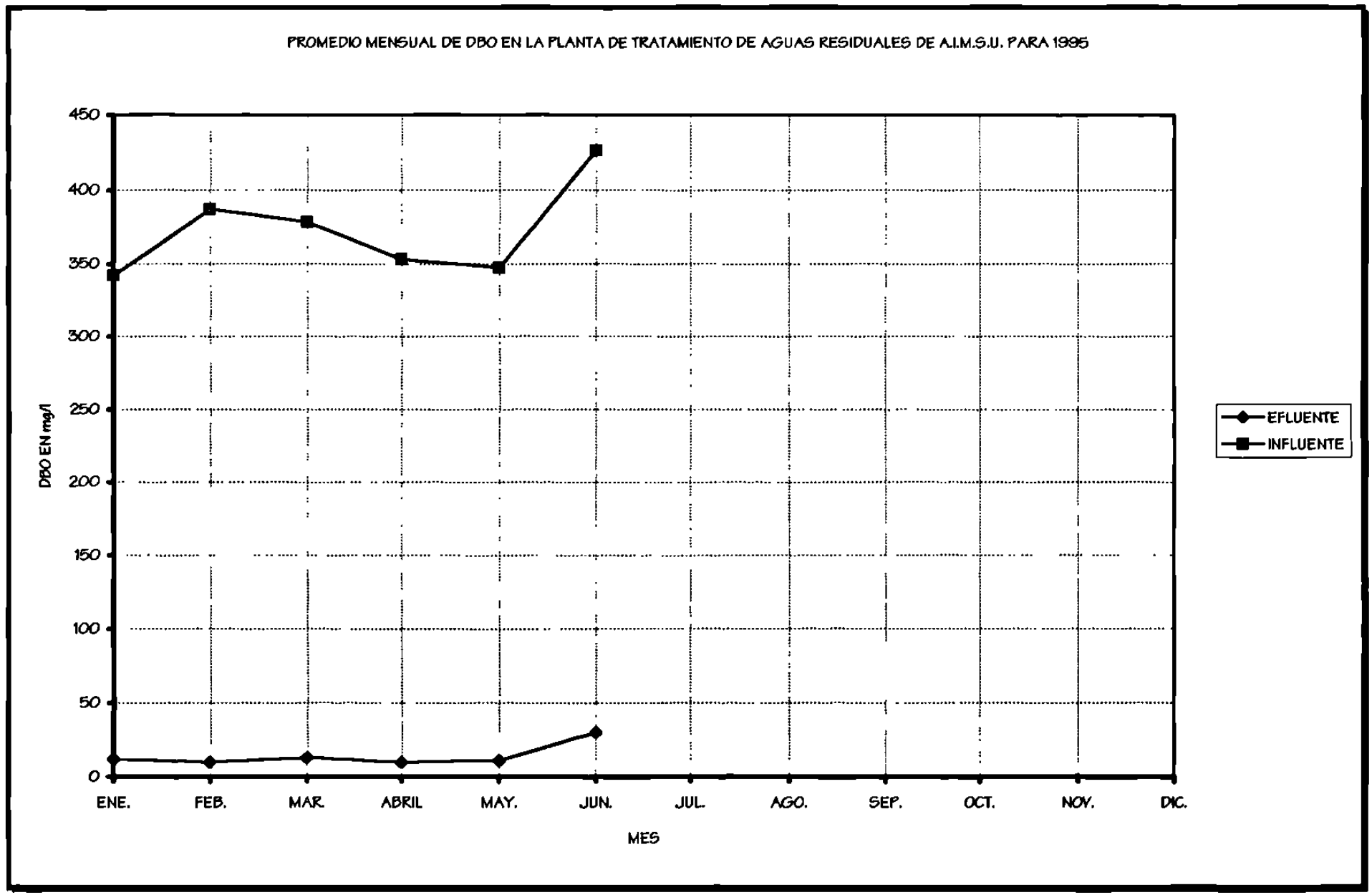
5.2 Análisis gráfico del resumen del control analítico diario.

A continuación, se anexan algunas gráficas del resumen analítico diario de la planta de AIMSU, en las cuales se muestran, los promedios mensuales en el influente y efluente de la carga orgánica DBO5 en mg/l. para los años de 1993, 1994 y el primer semestre de 1995. También se grafica por mes los fosfatos totales.

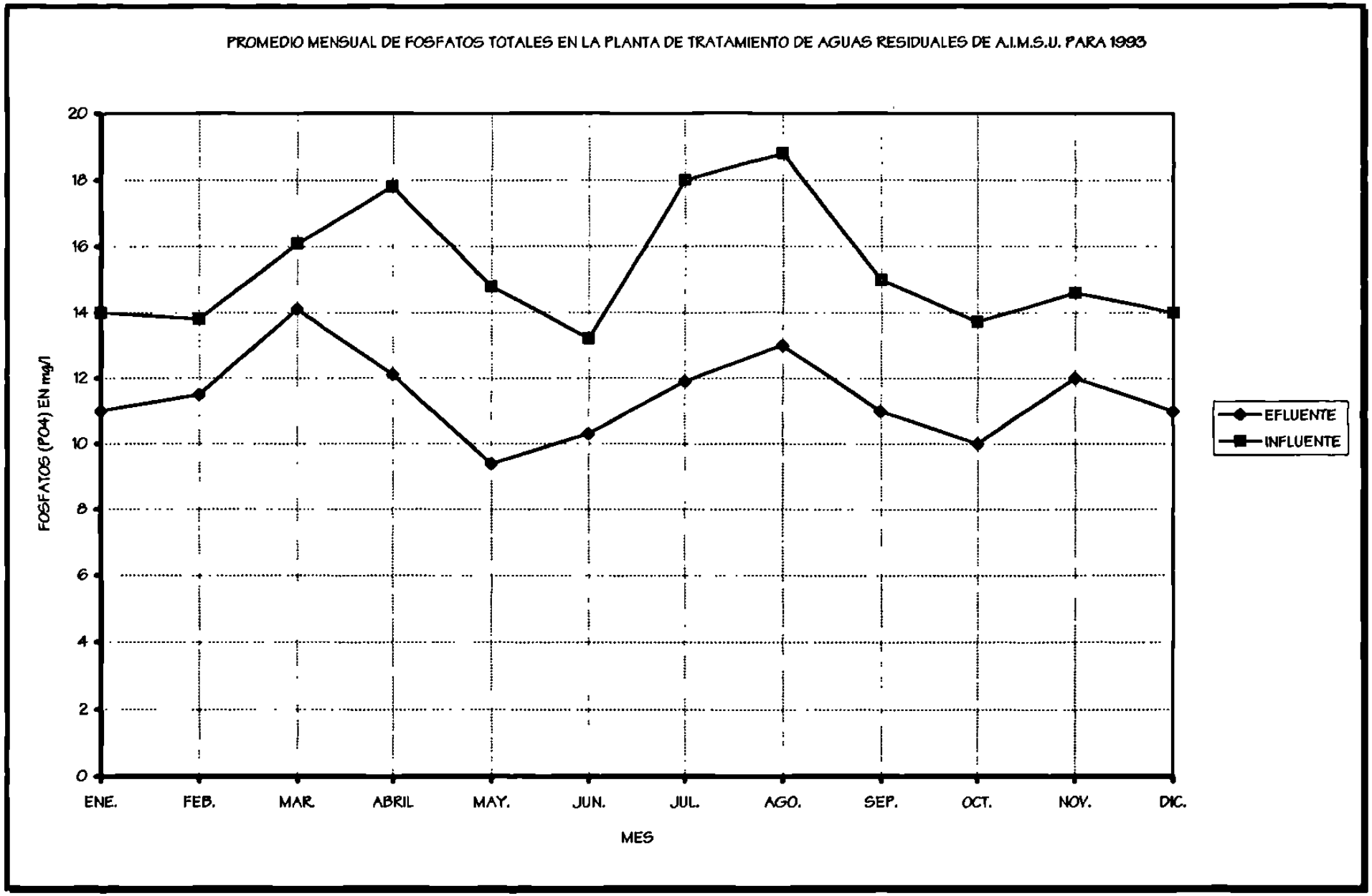

PROMEDIO MENSUAL DE DBO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE A.I.M.S.U. PARA 1993
DBO EN mg/l
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
ENE.
FEB.
MAR.
ABRIL
MAY.
JUN.
JUL.
AGO.
SEP.
OCT.
NOV.
DIC.
MES
EFLUENTE
INFLUENTE


PROMEDIO MENSUAL DE DBO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE A.I.M.S.U. PARA 1994
DBO EN mg/l
600
500
400
300
200
100
0
ENE.
FEB.
MAR.
ABRIL
MAY.
JUN.
JUL.
AGO.
SEP.
OCT.
NOV.
DIC.
MES
EFLUENTE
INFLUENTE

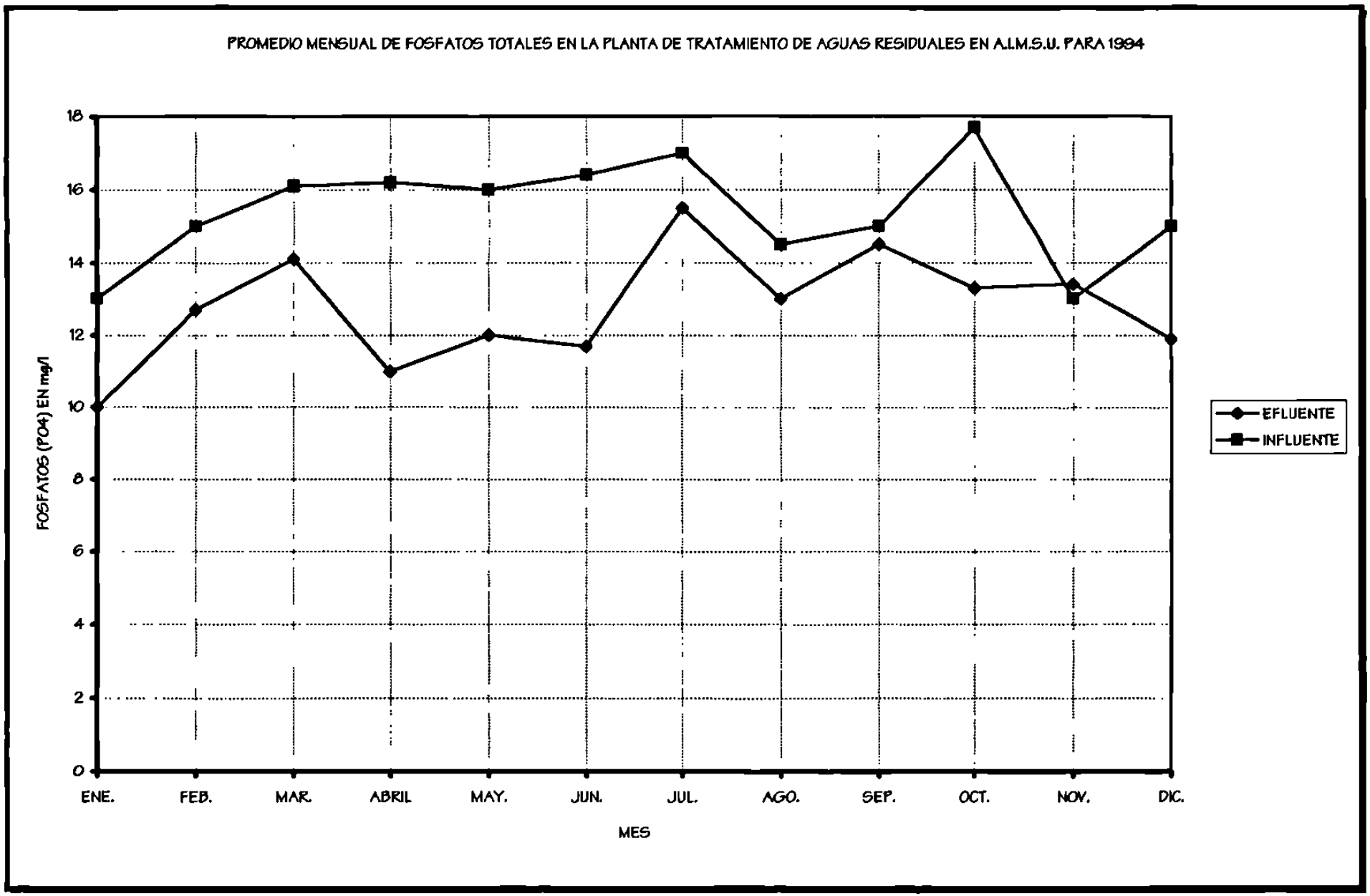
Gráfica 5.2.2


PROMEDIO MENSUAL DE DBO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE A.I.M.S.U. PARA 1995
DBO EN mg/l
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
ENE.
FEB.
MAR.
ABRIL
MAY.
JUN.
JUL.
AGO.
SEP.
OCT.
NOV.
DIC.
MES
EFLUENTE
INFLUENTE

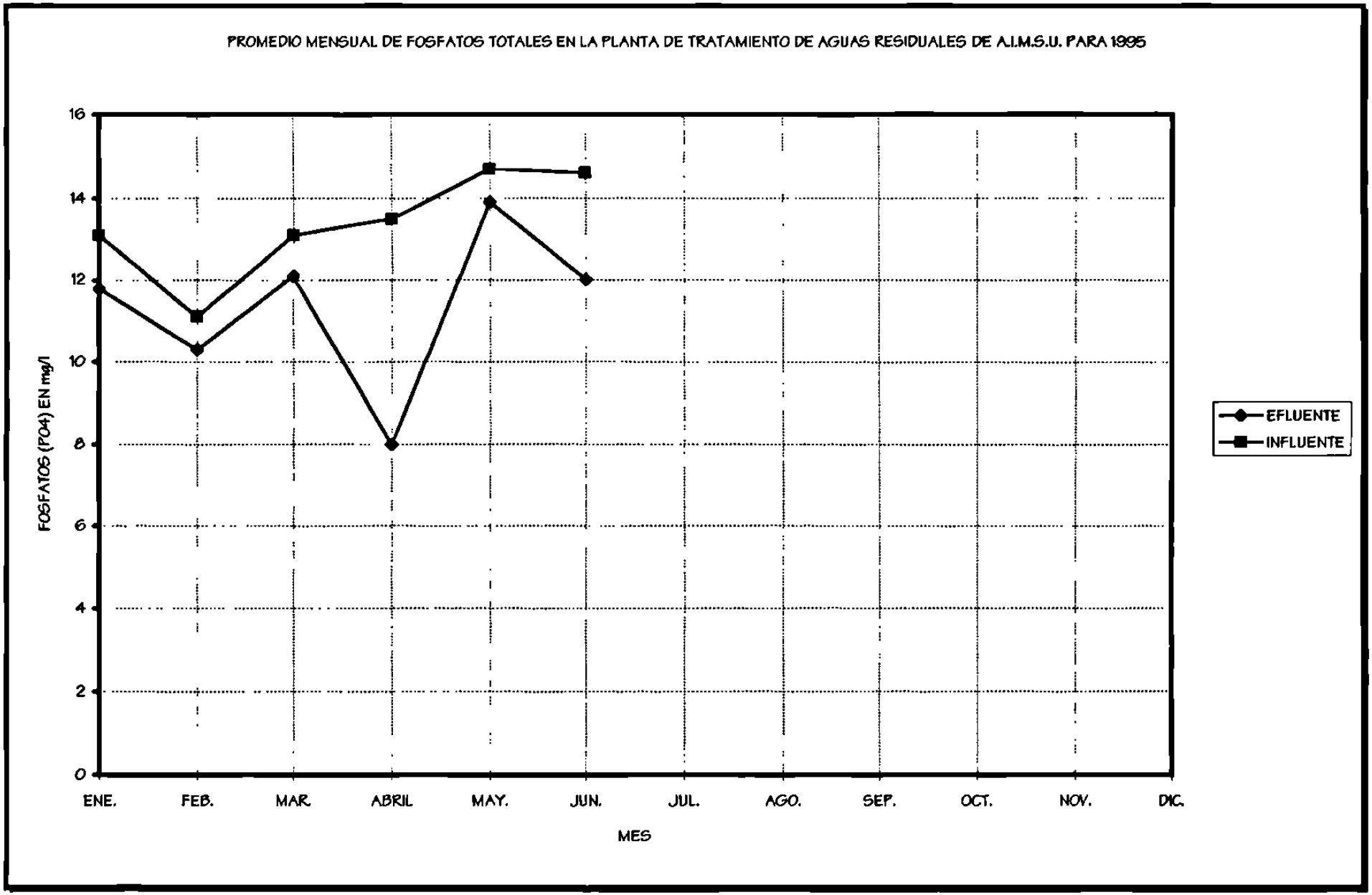
Gráfica 5.2.3


PROMEDIO MENSUAL DE FOSFATOS TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE A.I.M.S.U. PARA 1993
FOSFATOS (PO4) EN mg/l
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
ENE.
FEB.
MAR.
ABRIL
MAY.
JUN.
JUL.
AGO.
SEP.
OCT.
NOV.
DIC.
MES
EFLUENTE
INFLUENTE

Gráfica 5.2.4


PROMEDIO MENSUAL DE FOSFATOS TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN A.I.M.S.U. PARA 1994
FOSFATOS (PO4) EN mg/l
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
ENE.
FEB.
MAR.
ABRIL
MAY.
JUN.
JUL.
AGO.
SEP.
OCT.
NOV.
DIC.
MES
EFLUENTE
INFLUENTE

Gráfica 5.2.5


PROMEDIO MENSUAL DE FOSFATOS TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE A.I.M.S.U. PARA 1995
FOSFATOS (PO4) EN mg/l
16
14
12
10
8
6
4
2
0
ENE.
FEB.
MAR.
ABRIL
MAY.
JUN.
JUL.
AGO.
SEP.
OCT.
NOV.
DIC.
MES
EFLUENTE
INFLUENTE

Gráfica 5.2.6

CAPITULO 6

RESULTADOS

CAPITULO 6

RESULTADOS

6.1 Análisis de la toma de muestras

El muestreo se efectuó siguiendo las normas establecidas para la toma de muestras, así como el tipo de recipientes a contenerlas. Las muestras del agua residual se obtuvieron de la planta piloto que se encuentra en AIMSU y no fueron preservadas, debido a que se trasladaron de inmediato para su análisis, al laboratorio del Depto. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L.

En el campo, se tomaron algunos parámetros a las muestras de agua residual, tales como la temperatura y el pH. Estos parámetros fueron medidos con un potenciómetro digital calibrado y ajustado con los estándares para la medición del pH.

El tipo de muestra fue puntual y simple. No se obtuvo una muestra compuesta, pues no era necesaria para determinar la cantidad de lodos digeridos.

El muestreo se realizó mediante dos tomas de muestras; la primera fué el día 29 de Marzo de 1995 y sirvió para determinar las condiciones de operación del reactor biológico y en general de toda la planta piloto, también para determinar la eficiencia en cuanto a la remoción de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) y la calidad del líquido clarificado. La segunda muestra fué tomada el día 20 de Julio de 1995 y sirvió para determinar las condiciones en las que se encontraba el tanque de recepción (tanque anaeróbico); así como para poder determinar la formación de estratos en el tanque de recepción y poder calcular el volumen de lodos de desecho que se digirieron en un año,

aproximadamente; tiempo en el cual no se modificó la programación de los tiempos de la planta piloto. También esta toma de muestra sirvió para determinar la eficiencia en cuanto a la remoción de nutrientes en el líquido clarificado.

6.1.1 Primera toma de muestras

Analizando los resultados de los parámetros obtenidos del muestreo (Tabla 6.1), podemos observar, que la eficiencia de remoción de carga orgánica según la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en mg/l y a la demanda química de oxígeno (DQO) en mg/l, es respectivamente del 97.5 % y del 93.55 %.

TABLA 6.1

RESULTADOS DE LOS PARAMETROS OBTENIDOS DEL PRIMER MUESTREO

DETERMINACION	INFLUENTE	TANQUE DE TRANSFERENCIA	REACTOR DE LICOR MEZCLADO	LIQUIDO CLARIFICADO
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) mg/l	930	3150	7115	60
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5) mg/l	400	590	3150	10
NITROGENO TOTAL como N mg/l	67.5	131.6	294	1.5
FOSFATOS TOTALES como P mg/l	7.5	22.5	135	2.6
GRASAS Y ACEITES mg/l	129.6	75	191	34
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	608	3390	8090	13.6
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES mg/l	384	1790	4610	9.6

En cuanto a la remoción de los nutrientes, la eficiencia de remoción fue para el nitrógeno total, del 97.78 % y para los fosfatos totales, del 65.33 %. Para las grasas y aceites, la eficiencia en la remoción fué de 73.76 % (aunque la concentración en el líquido clarificado es alta).

Estas eficiencias de remoción corresponden a las características del agua residual que entra a la planta piloto (Influente) y el líquido clarificado (Efluente).

TABLA 6.1.1

COMPARACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA PRIMERA TOMA DE MUESTRAS.

DETERMINACION	INFLUENTE	LIQUIDO CLARIFICADO PLANTA PILOTO	LIQUIDO CLARIFICADO AIMSU*
Demanda bioquímica de oxígeno en mg/l	400	10	13
Demanda química de oxígeno en mg/l	930	60	128
Nitrógeno total como N en mg/l	67.5	1.5	NO SE REALIZA
Fosfatos totales como P en mg/l	13.1	2.6	12.1
Sólidos suspendidos totales en mg/l	608	13.6	23
Sólidos suspendidos volátiles en mg/l	384	9.6	19
Grasas y aceites en mg/l	129.6	34	11

* Promedio mensual Marzo 1995

6.1.2 Segunda toma de muestras

Analizando los resultados de los parámetros obtenidos del muestreo (Tabla 6.2). Se observa que, en los estratos del tanque de recepción, conforme aumenta la profundidad de estos, también se presenta un aumento en la concentración de la DQO (ver gráfica 6.1); dicho aumento es 59 veces con respecto al sobrenadante y al fondo del tanque. Con respecto al centro del tanque y al sobrenadante, el aumento en la concentración en la DQO es de 4.77 veces y entre el centro del tanque y el fondo, el aumento es de 12.34 veces la concentración.

TABLA 6.2

RESULTADOS DE LOS PARAMETROS OBTENIDOS DEL SEGUNDO MUESTREO.

DETERMINACION	Sobrenadante	Centro del Tanque	Fondo del Tanque	Líquido Clarificado
Demanda química de oxígeno (DQO) mg/l	430	2055	25370	55
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) mg/l	150	150	1810	10
Sólidos suspendidos totales mg/l	165	1760	35535	20
Sólidos suspendidos volátiles mg/l	110	1000	15600	15
Sólidos disueltos totales mg/l	1105	945	2840	1255
Nitrógeno orgánico como N mg/l	11.8	47	690	2.5
Nitrógeno amoniacal como N mg/l	33.6	34.7	50.4	0.4
Fosfatos totales como P mg/l	16.5	35.9	780	3.7
Conductividad específica micromhos/cm	1840	1875	1780	1730
Alcalinidad total como $CaCO_3$ mg/l	460	636	7440	100
Grasas y aceites mg/l	23.6	27	756.6	1.5

Con respecto a los sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles (ver gráfica 6.2), se observa un incremento considerable de la concentración en los estratos del tanque, que es respectivamente de 215.36 veces y 141.81 veces.

Para el nitrógeno orgánico y amoniacal (ver gráfica 6.3), podemos observar que también aumenta la concentración, conforme aumenta la profundidad del tanque. El nitrógeno orgánico aumenta 58.47 veces del sobrenadante, con respecto al fondo del tanque y el nitrógeno amoniacal aumenta 1.5 veces.

Los fosfatos totales (ver gráfica 6.3), también aumentan la concentración del sobrenadante con respecto del fondo del mismo en 47.27 veces.

Para las grasas y aceites (ver gráfica 6.4), se observa una gran concentración de estas en el fondo del tanque, debido a que es aquí donde quedan atrapadas. La variación en la concentración del sobrenadante con respecto al centro del tanque no es significativa; sin embargo, la variación en la concentración con respecto al fondo del tanque sí es muy significativa, ya que es de 32.06 veces.

TABLA 6.2.1

COMPARACION DE PARAMETROS PARA LA SEGUNDA TOMA DE MUESTRAS.

DETERMINACION	INFLUENTE	LIQUIDO CLARIFICADO PLANTA PILOTO	LIQUIDO CLARIFICADO AIMSU*
Demanda bioquímica de oxígeno en mg/l	427	10	30
Demanda química de oxígeno en mg/l	908	55	206
Nitrógeno total como N en mg/l	70.2	2.9	NO SE REALIZA
Fosfatos totales como P en mg/l	14.6	3.7	12
Sólidos suspendidos totales en mg/l	452	20	20
Sólidos suspendidos volátiles en mg/l	325	15	17
Grasas y aceites en mg/l	92	1.5	6

* Promedio mensual Julio 1995

6.1.3 Parámetros medidos en campo los días del muestreo

A continuación se muestran las tablas con los resultados de los parámetros medidos en el campo, los días de las tomas de muestras. Las muestras se obtuvieron de la planta piloto, en la cual se realizó la investigación.

TABLA 6.3

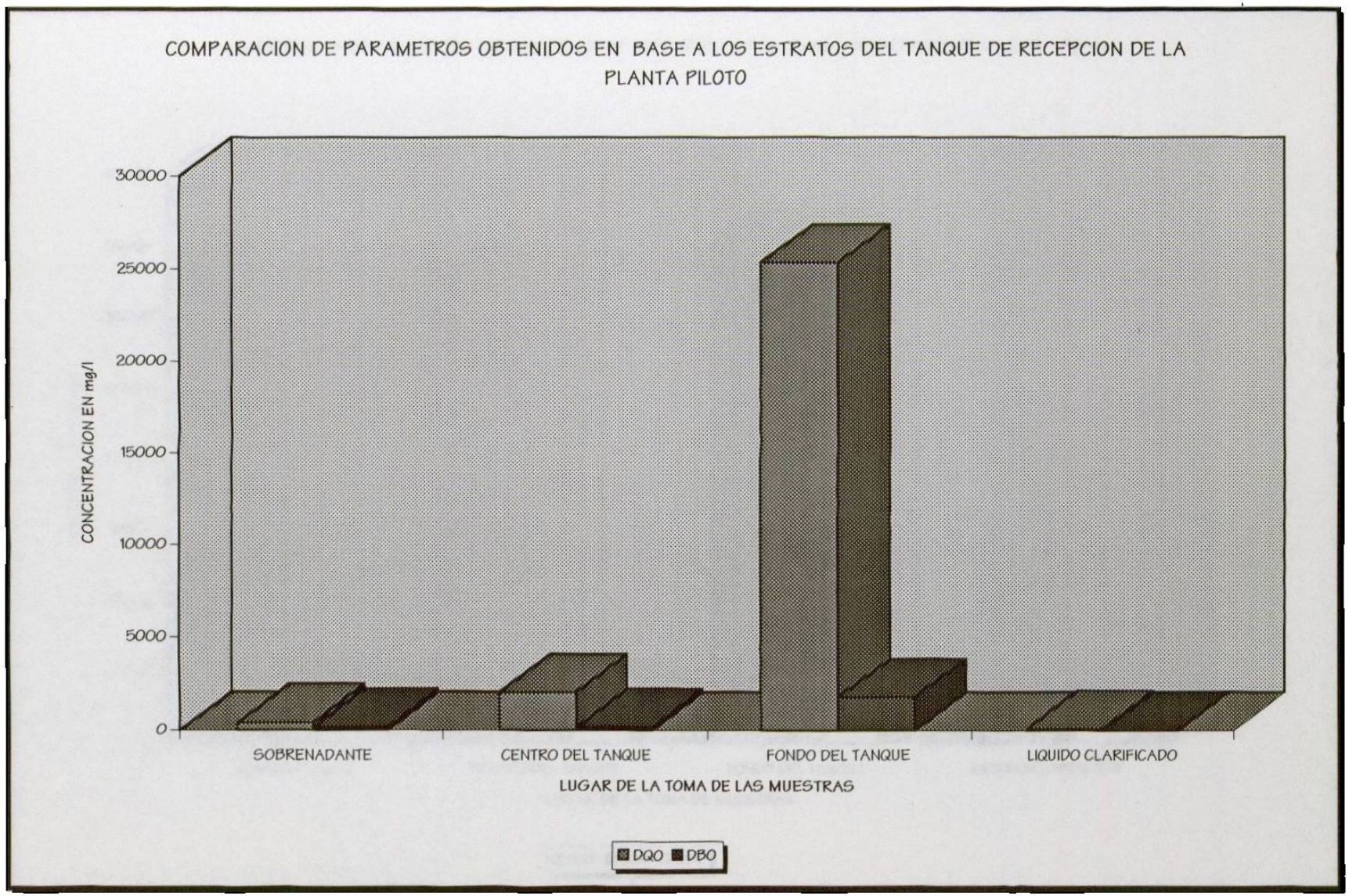
PARAMETROS MEDIDOS EN CAMPO EL DÍA 29 DE MARZO DE 1995.

Lugar de la toma de muestra en la planta piloto	Temperatura en °C	pH
Influente	24	7.37
Tanque de transferencia	21	7.01
Reactor de licor mezclado	23	7.73
Líquido clarificado	22	7.50
Lodos	22	7.39

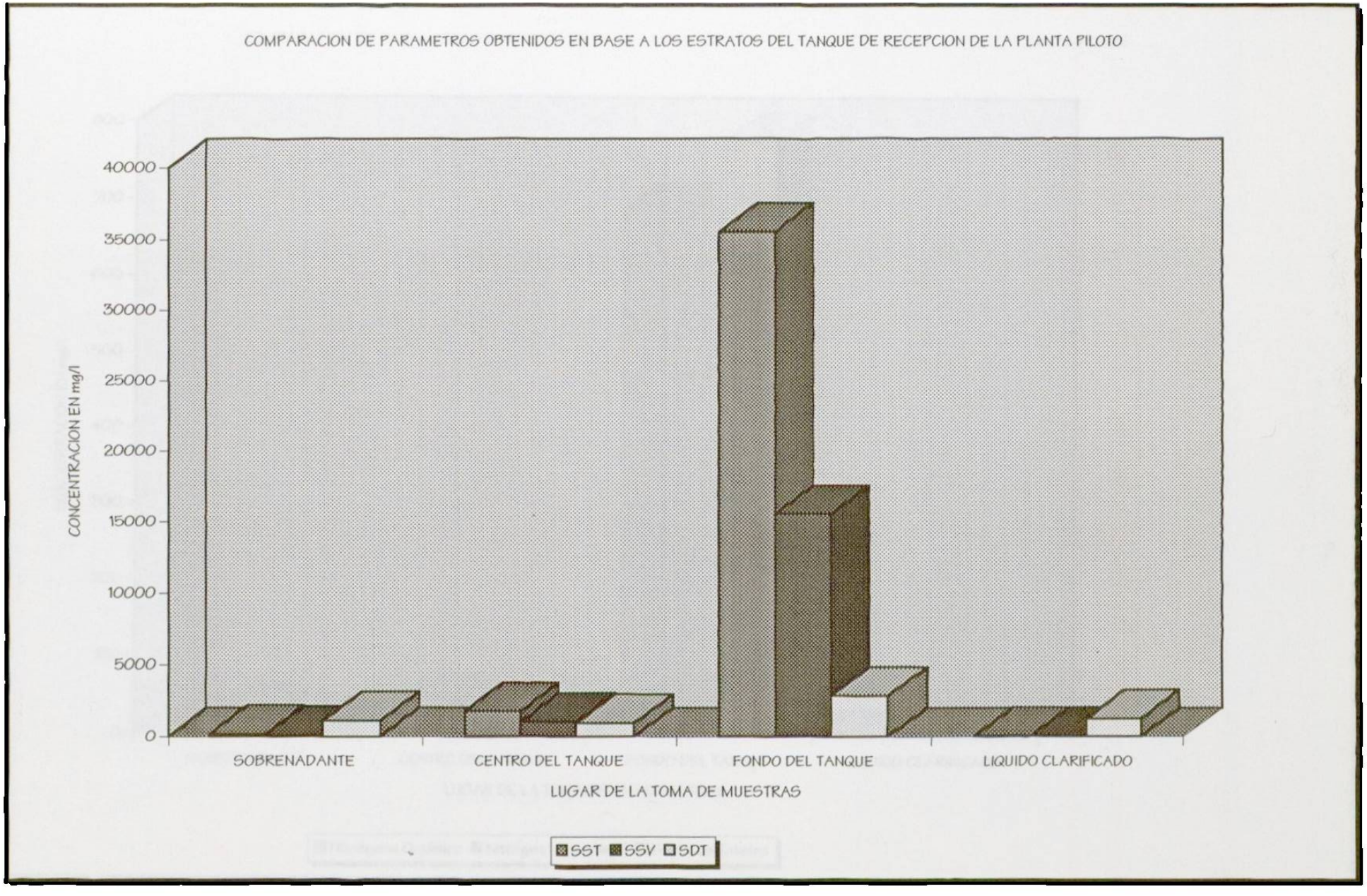
TABLA 6.4

PARAMETROS MEDIDOS EN CAMPO EL DÍA 20 DE JULIO DE 1995.

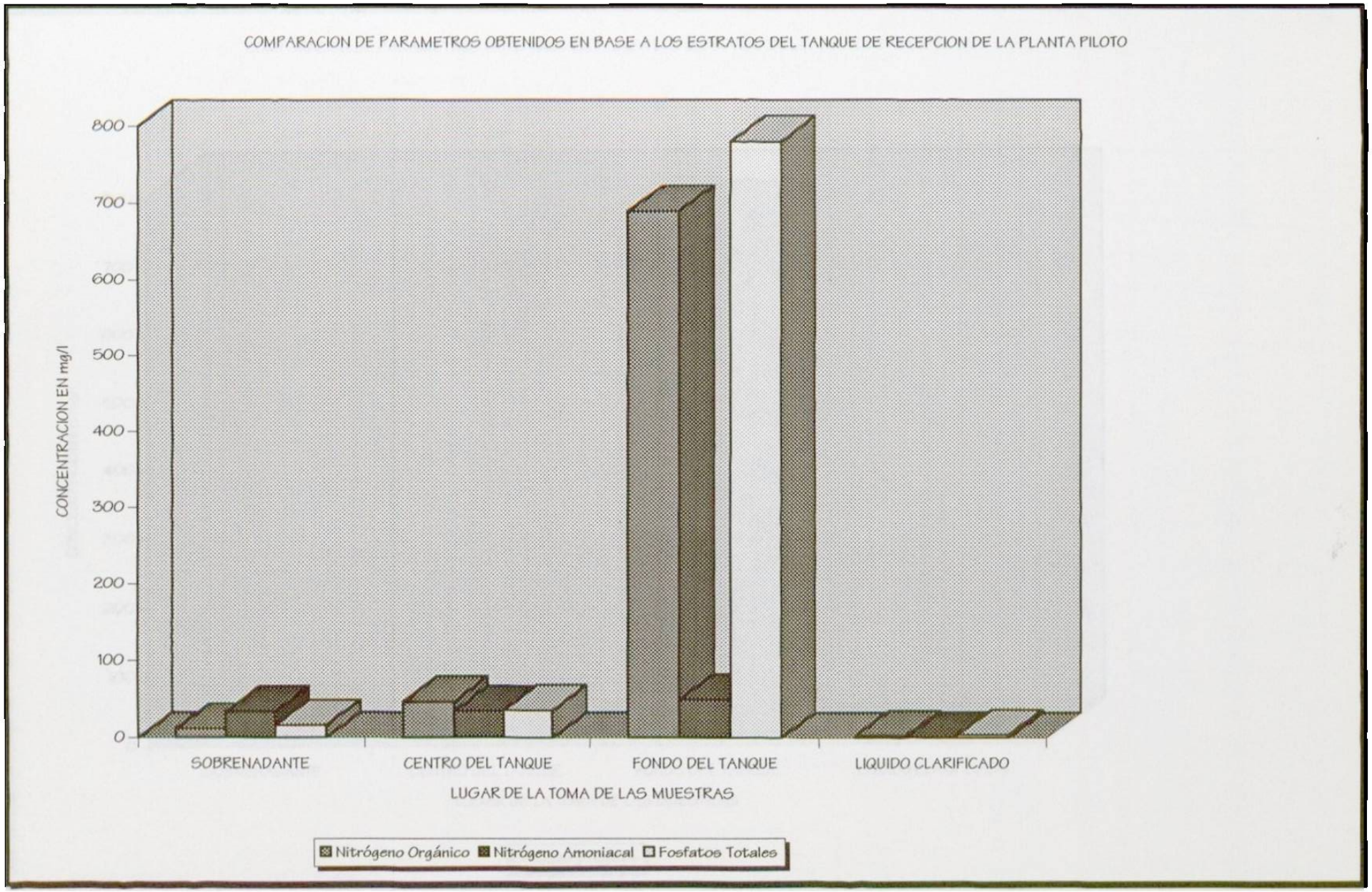
Lugar de la toma de muestra en la planta piloto	Temperatura en °C	pH
Tanque de recepción sobrenadante	31.5	6.72
Tanque de recepción centro del tanque	31.2	6.70
Tanque de recepción fondo del tanque	31.0	6.85
Tanque reactor licor mezclado	31.4	6.83
Tanque reactor líquido clarificado	30.7	6.94
Tanque reactor lodos	31.3	6.94


COMPARACION DE PARAMETROS OBTENIDOS EN BASE A LOS ESTRATOS DEL TANQUE DE RECEPCION DE LA PLANTA PILOTO
CONCENTRACION EN mg/l
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
SOBRENADANTE
CENTRO DEL TANQUE
FONDO DEL TANQUE
LIQUIDO CLARIFICADO
LUGAR DE LA TOMA DE LAS MUESTRAS
DQO
DBO

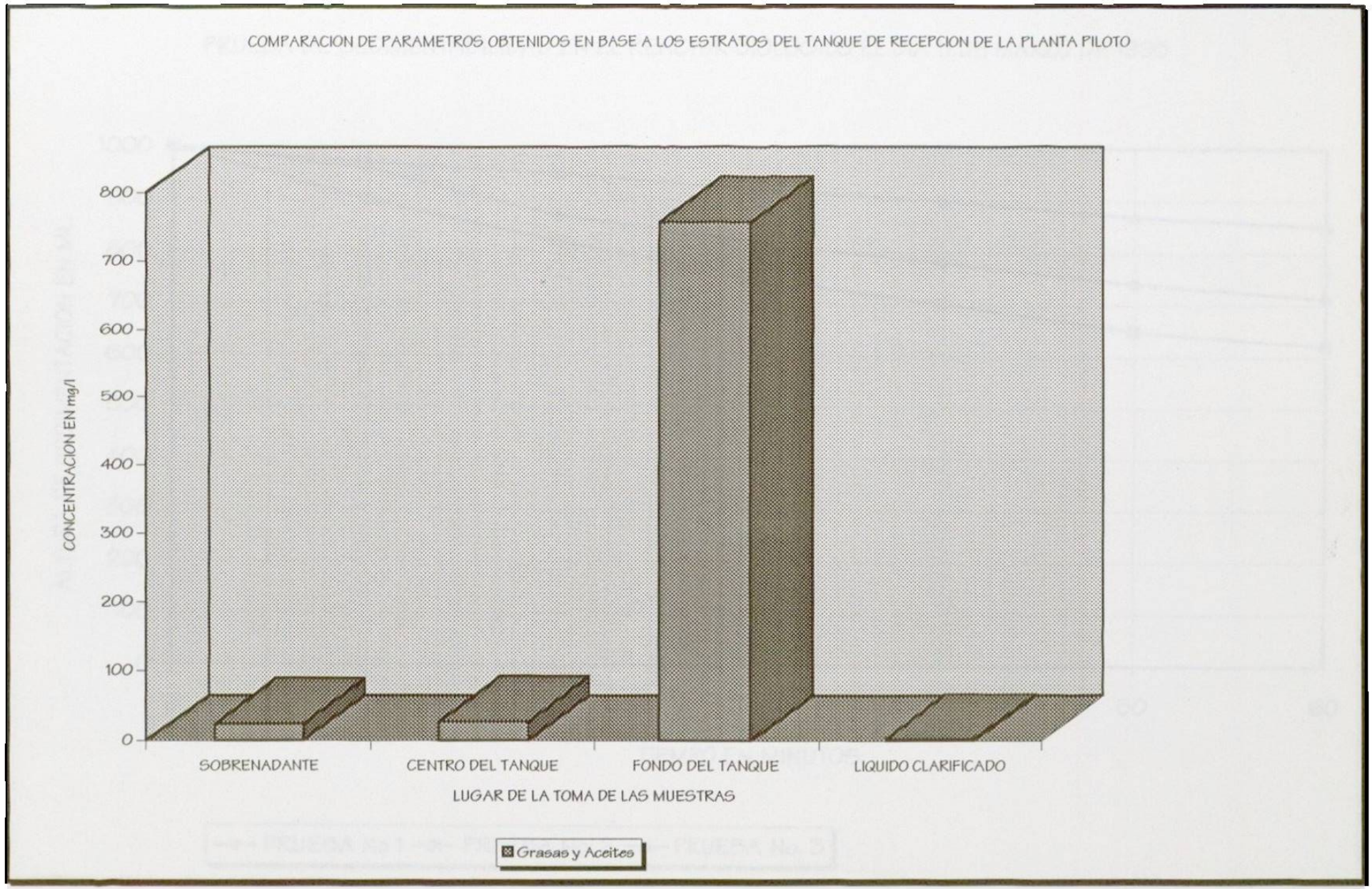
Gráfica 6.1


COMPARACION DE PARAMETROS OBTENIDOS EN BASE A LOS ESTRATOS DEL TANQUE DE RECEPCION DE LA PLANTA PILOTO
CONCENTRACION EN mg/l
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
SOBRENADANTE
CENTRO DEL TANQUE
FONDO DEL TANQUE
LIQUIDO CLARIFICADO
LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRAS
SST
SSV
SDT

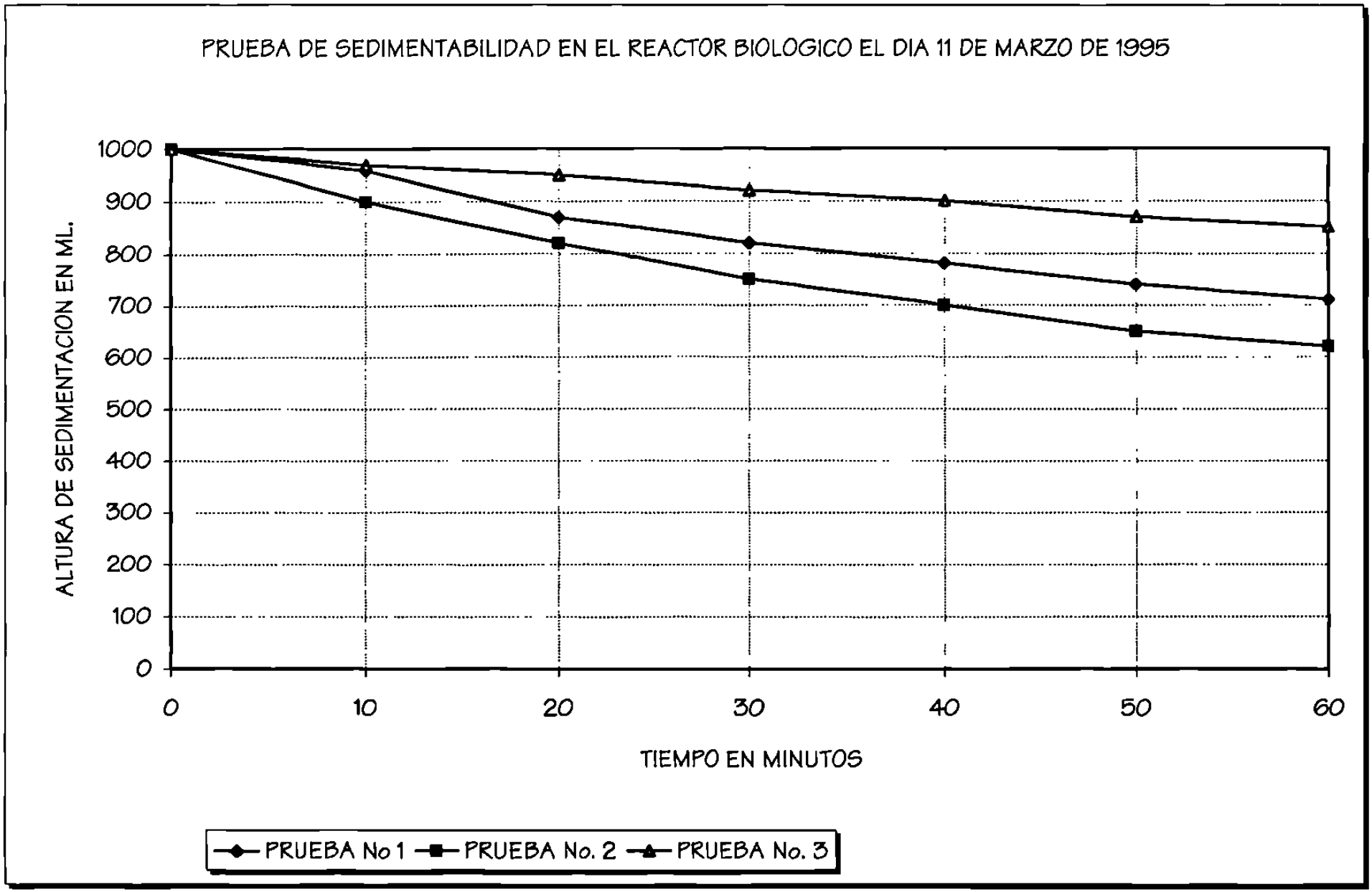
Gráfica 6.2


COMPARACION DE PARAMETROS OBTENIDOS EN BASE A LOS ESTRATOS DEL TANQUE DE RECEPCION DE LA PLANTA PILOTO
CONCENTRACION EN mg/l
800
700
600
500
400
300
200
100
0
SOBRENADANTE
CENTRO DEL TANQUE
FONDO DEL TANQUE
LIQUIDO CLARIFICADO
LUGAR DE LA TOMA DE LAS MUESTRAS
Nitrógeno Orgánico
Nitrógeno Amoniacal
Fosfatos Totales

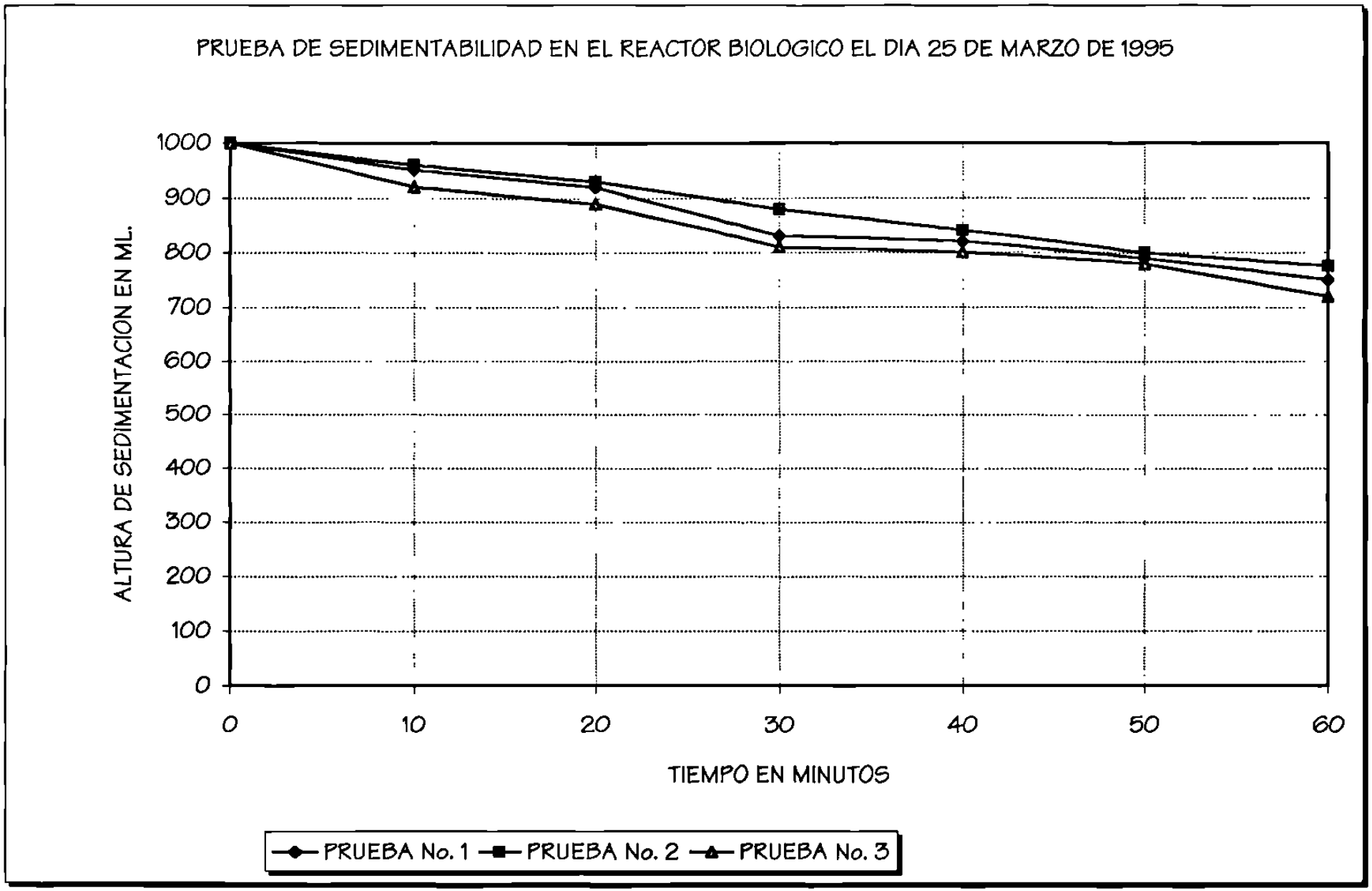
Gráfica 6.3


COMPARACION DE PARAMETROS OBTENIDOS EN BASE A LOS ESTRATOS DEL TANQUE DE RECEPCION DE LA PLANTA PILOTO
CONCENTRACION EN mg/l
800
700
600
500
400
300
200
100
0
SOBRENADANTE
CENTRO DEL TANQUE
FONDO DEL TANQUE
LIQUIDO CLARIFICADO
LUGAR DE LA TOMA DE LAS MUESTRAS
Grasas y Aceites

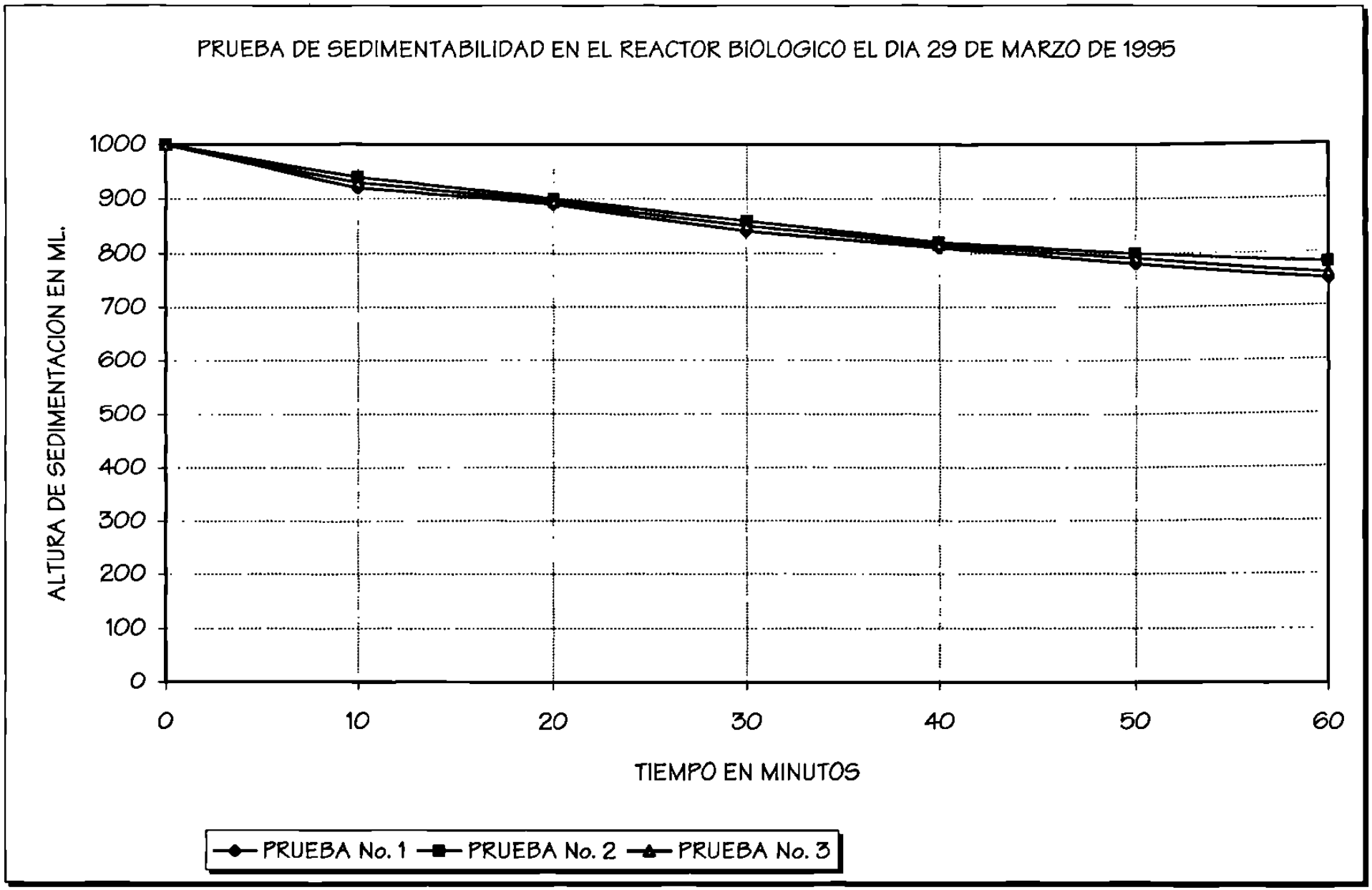
Gráfica 6.4


PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD EN EL REACTOR BIOLOGICO EL DIA 11 DE MARZO DE 1995
ALTURA DE SEDIMENTACION EN ML.
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
TIEMPO EN MINUTOS
PRUEBA No 1
PRUEBA No. 2
PRUEBA No. 3

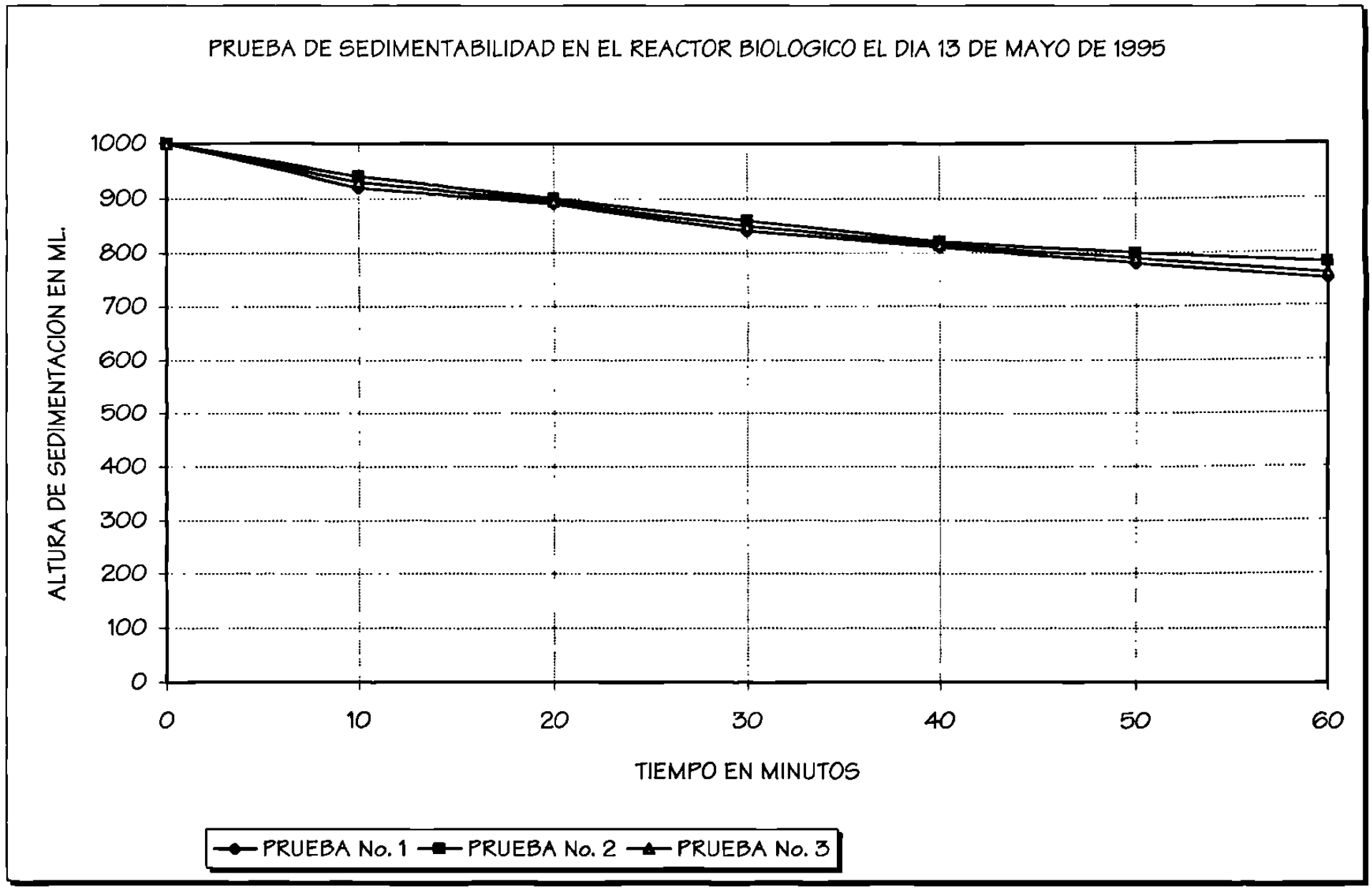
Gráfica 6.5


PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD EN EL REACTOR BIOLOGICO EL DIA 25 DE MARZO DE 1995
ALTURA DE SEDIMENTACION EN ML.
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
TIEMPO EN MINUTOS
PRUEBA No. 1
PRUEBA No. 2
PRUEBA No. 3

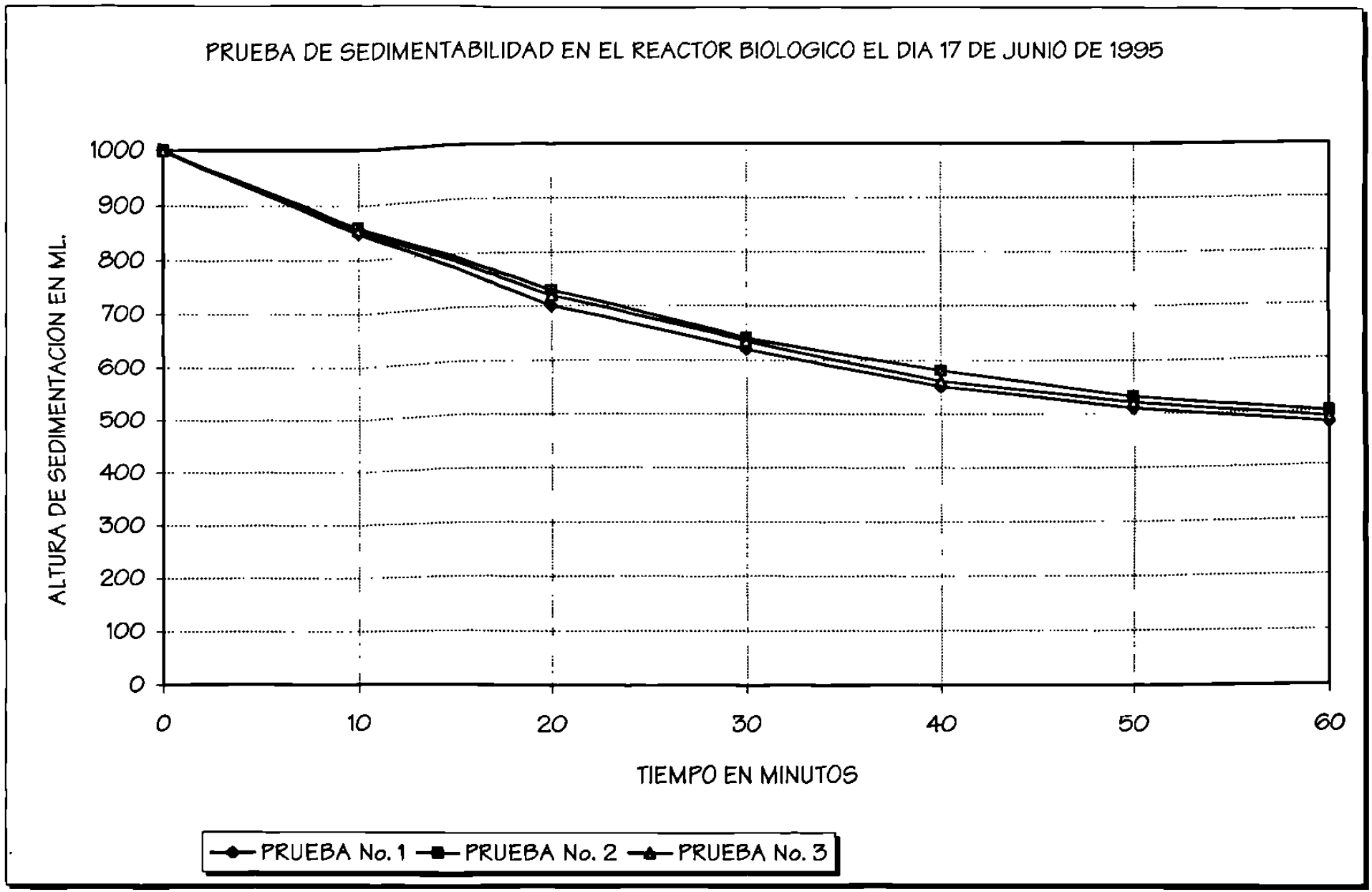
Gráfica 6.6


PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD EN EL REACTOR BIOLOGICO EL DIA 29 DE MARZO DE 1995
ALTURA DE SEDIMENTACION EN ML.
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
TIEMPO EN MINUTOS
PRUEBA No. 1
PRUEBA No. 2
PRUEBA No. 3

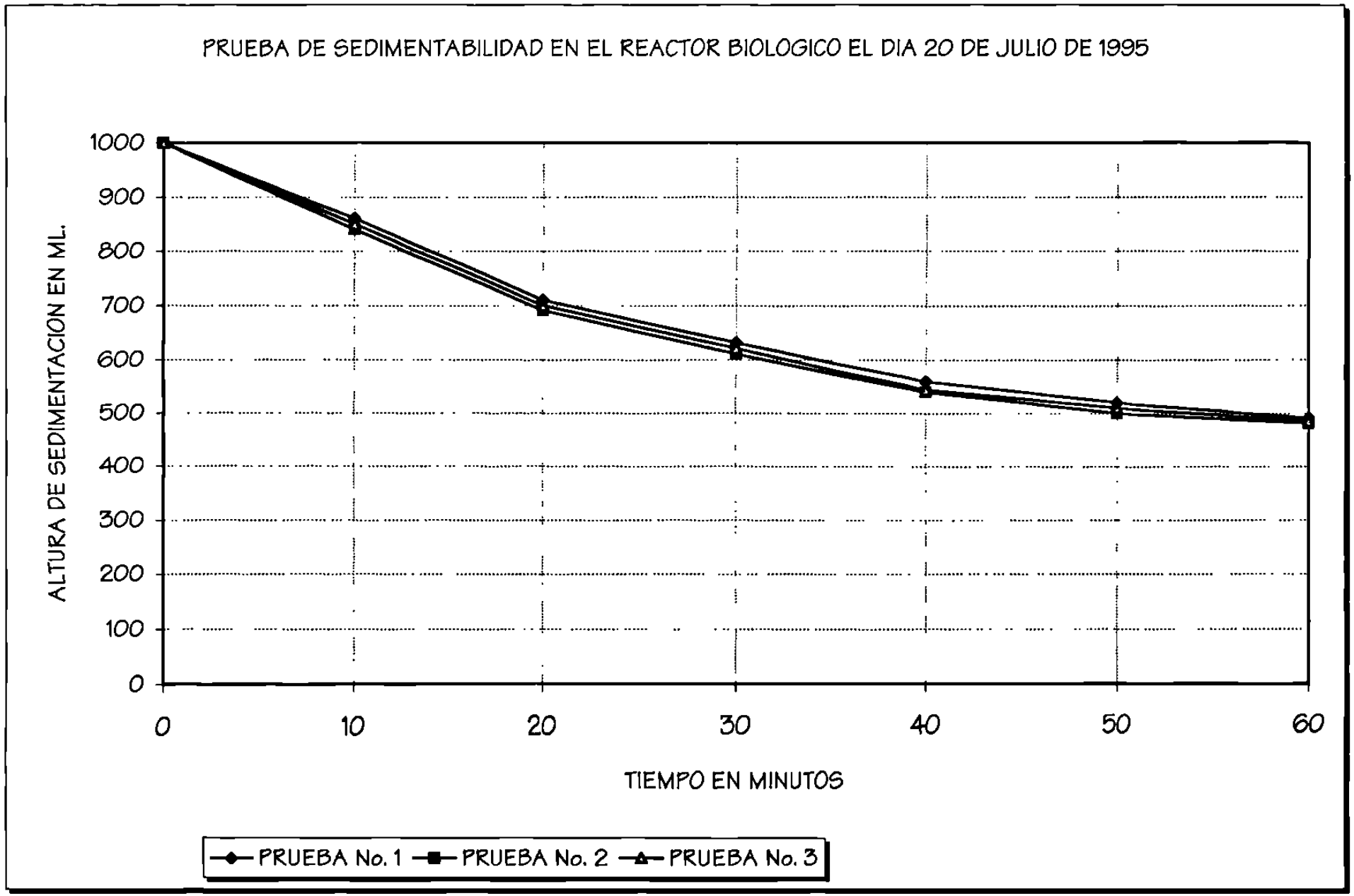
Gráfica 6.7


PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD EN EL REACTOR BIOLOGICO EL DIA 13 DE MAYO DE 1995
ALTURA DE SEDIMENTACION EN ML.
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
TIEMPO EN MINUTOS
PRUEBA No. 1
PRUEBA No. 2
PRUEBA No. 3

Gráfica 6.8


PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD EN EL REACTOR BIOLOGICO EL DIA 17 DE JUNIO DE 1995
ALTURA DE SEDIMENTACION EN ML.
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
TIEMPO EN MINUTOS
PRUEBA No. 1
PRUEBA No. 2
PRUEBA No. 3

Gráfica 6.9


PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD EN EL REACTOR BIOLOGICO EL DIA 20 DE JULIO DE 1995
ALTURA DE SEDIMENTACION EN ML.
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
TIEMPO EN MINUTOS
PRUEBA No. 1
PRUEBA No. 2
PRUEBA No. 3

Gráfica 6.10

6.2 Cálculo del Volumen de Lodos Digeridos en el Transcurso de la Investigación.

1.- Volumen (V) por tratar en el ciclo:

$$V=1.87\ m^3$$

2.- De acuerdo a la programación de la planta piloto, se alternan 75 seg. (330 lts.) en que sí entra agua residual y 180 min. en que no entra agua residual; y así alternativamente hasta completar un volumen de 1.87 m^3.

3.- El gasto (Q) de entrada a la planta piloto es:

$$Q=V/t$$
$$Q= (330\ lts.)/(75\ seg.)$$
$$Q= 4.4\ lps.$$

4.- Cálculo de la duración (T) del ciclo de llenado:

$$t=V/Q$$
$$t=(1.87\ m^3)/(0.0044 m^3/seg.)$$
$$t=425\ seg.$$

$$n=(425\ seg.)/(75\ seg.)$$
$$n=5.67\ veces$$

$$T=(5.67)(180\ min.)$$
$$T=1020\ min.$$

5.- Duración total (Tt)del ciclo incluyendo 60 min. de sedimentación:

$$Tt=1020\ min. + 60\ min.$$
$$Tt=1080\ min.$$

6.- Cuando se retornan (bombean) 10 segundos de lodos, existe un incremento Δh en el tanque de recepción de 9 cm. Por lo tanto el volumen de lodos de retorno es de:

a) Area (A) del fondo del tanque de recepción:

$A=(0.90\ m.)(1.40\ m.)$
$A=1.26\ m^2$

b) Volumen (Vl) de lodos:

$Vl=A*\Delta h$
$Vl=(1.26\ m^2)(0.09\ m.)$
$Vl=0.1134\ m3$
$Vl=113.4$ lts.

c) Porciento (P) de retorno de lodos:

$1.87\ m^3$ ---------- 100%
$0.1134\ m^3$ ---------- P

P=6.06% de retorno de lodos.

7.- Cálculo de la cantidad de lodo de retorno, digerido en el tanque de recepción en el transcurso de la investigación (de Octubre de 1994 a Julio de 1995). Tiempo que tiene funcionando la planta piloto, sin que se le hayan modificado los tiempos en el programa de la misma.

a) Cálculo del número de ciclos:

N=Tiempo real transcurrido/Tiempo por ciclo
N=(304 días)(1440 min.)/(1080 min./ciclo)
N=405.33 ciclos

b) Cálculo del volumen de lodos de retorno digeridos:

Vld=Vol. de lodos de retorno
Vld=(113.4 lts./ciclo)(405.33 ciclos)
Vld=45,964.80 lts.
$Vld=45.96\ m^3$.

c) Cálculo del volumen de agua tratada:

$Vat=(1.87\ m^3/ciclo)(405.33\ ciclos)$
$Vat=757.97\ m^3$

8.- Cálculo del volumen de lodos primarios digeridos en el tanque de recepción.

a) Obtención del promedio de sólidos sedimentables en ml/l:

1994	Octubre	21.0
	Noviembre	12.0
	Diciembre	19.0
1995	Enero	16.6
	Febrero	27.9
	Marzo	31.4
	Abril	32.7
	Mayo	43.5
	Junio	24.9
	Promedio	25.4 ml/l

b) Cálculo del volumen de lodos primarios:

Vat=Volumen de agua tratada
Vat=757.97 m^3
Vat=757,970 lts.

Vlpd=Volumen de lodos primarios digeridos
Vlpd=(757,970 lts.)(0.0254 l/l)
Vlpd=19,150.8 lts.
Vlpd=19.15 m^3

Vtld=Volumen total de lodos digeridos
Vtld=45.96 + 19.15
Vtld=65.11 m^3

9.- Cálculo del tiempo de retención hidráulico en el reactor aeróbico:

Trh= Es el correspondiente a un ciclo de llenado
Trh=1020 min.
Trh=17 hrs.

10.- Cálculo del tiempo de retención hidráulico en el tanque de recepción:

a) Volumen (Vtr) del tanque de recepción.

Vtr=(0.9 m.)(1.40 m.)(1.70 m.)
Vtr=2.142 m^3

b) Número de veces de entrada de agua a la planta piloto, para que se llene el tanque de recepción. El agua entra a razón de 330 lts. por cada 180 min.

N=Vol. del tanque de recepción/Vol. de entrada.
N=(2142 lts.)/(330 lts.)
N=6.49 veces

c) Tiempo de retención hidráulico (Trh).

Trh=(6.49)(180 min.)
Trh=1168.36 min.
Trh=19.47 hrs.

d) Cálculo del gasto (Qt) tratado en la planta piloto

V=Volumen tratado por ciclo
V=1.87 m^3

C=Ciclo
C=1080 min.
C=18 hrs.

18 hrs.---------- 1.87 m^3
24 hrs.---------- Vol. por Día

Vol. por Día=2.49 m^3

Qt=(2490 lts.)/(86,400 seg.)
Qt=0.028 lps.

6.3 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación, se tiene que la eficiencia en cuanto a la remoción de la carga orgánica, debido al pretratamiento anaeróbico que se le da al agua residual; es para la DBO_5 del 97.58 % en la planta piloto y del 94.61 % en la planta de AIMSU. Para la DQO las eficiencias son de 93.74 % y de 81.77 % respectivamente.

Con respecto a la remoción de los nutrientes (nitrógeno y fósforo), la eficiencia es mayor del 50 % al darle un pretratamiento anaeróbico al agua residual. Ya que la eficiencia en la remoción es de 98 % para el nitrógeno y de 70 % para el fósforo.

Además se observó que las grasas y aceites que entran a la planta piloto, son atrapadas en el fondo del tanque de recepción, por el lodo digerido que se encuentra en el fondo del mismo tanque, esto se ve en los resultados de los parámetros obtenidos del muestreo; y es debido a que la descarga del influente dentro del tanque se da en el fondo del mismo. La baja eficiencia en cuanto a la remoción de las grasas y aceites y a los sólidos suspendidos, se atribuye al acarreo de sólidos del colchón de lodos, provocado por la succión de la bomba de líquido clarificado.

El ahorro de un sistema de tratamiento de lodos de desecho, es del 100 %. Esto se debe a la digestión de lodos que ocurre al retornarlos al tanque de recepción. En el transcurso de la investigación (Octubre de 1994 a Junio de 1995), se digirieron en el tanque de recepción de la planta piloto, 19.15 m^3 de lodos primarios y 45.96 m^3 de lodos de desecho, provenientes del colchón de lodos sedimentados del reactor biológico. El volumen de agua tratada fué de 757.97 m^3 y el porcentaje de lodos de desecho digeridos, comparado con el agua residual tratada es del 8.59 %. Por lo tanto, en el

transcurso de la investigación se digirieron 65.11 m^3 de lodos de desecho; esto, viéndolo desde el punto de vista económico, es muy importante y significativo.

Las concentraciones de los distintos parámetros obtenidos en el muestreo del tanque de recepción, van en aumento conforme se incrementa la profundidad del tanque y se presenta la máxima concentración en el fondo del mismo. Esto es debido a que en el fondo del tanque se encuentra un colchón de lodos de 0.3 m. de espesor aproximadamente, en el cual existe una alta concentración de microorganismos anaeróbicos que son los encargados de los procesos de digestión de los lodos.

Se puede afirmar que un pretratamiento anaeróbico antes del tratamiento aeróbico aireado del agua residual, aumenta la eficiencia de remoción de nutrientes del agua residual tratada cuando menos en un 50 % y se ahorra en un 100 % en los costos del manejo, del tratamiento y de la disposición de los lodos de desecho, al retornarlos al pretratamiento anaeróbico.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

•

American Public Healt Association. Standard Methods: for the examination of water and wastewater. 17 Ed. Washington D.C. APHA, 1980.

Bañuelos Ruedas, Roberto. Tesis: Estudio Comparativo de un Sistema de Tratamiento Biológico de Aguas Residuales del Tipo Convencional con otro de reactores biológicos de tipo secuencial intermitente.
San Nicolas de los Garza, Nuevo León, 1994.

Colección de Revistas de la WPCF. Biblioteca de Graduados, Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L. Vol. 63 No. 6 Sep./Oct. 1991, Vol. 63 No. 5 Jul./Ago. 1991, Vol 61 No. 7 Julio 1989, Vol. 61 No. 2 Febrero 1989.

McKinney, Ross E., Microbiology for Sanitary Engineers, McGraw-Hill Book Company, Inc. Printed in the United States of America, 1962.

Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc. Printed in the United States of America, 1991.

Qasim, Syed R., Wastewater Treatment Plants, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster PA. 1994.

Topnik, Brian H., Bases para el Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales, Bioclear Technology, Inc. Winnipeg, Canada, 1993.

ANEXO I
APOYO (TESTIMONIO) FOTOGRAFICO

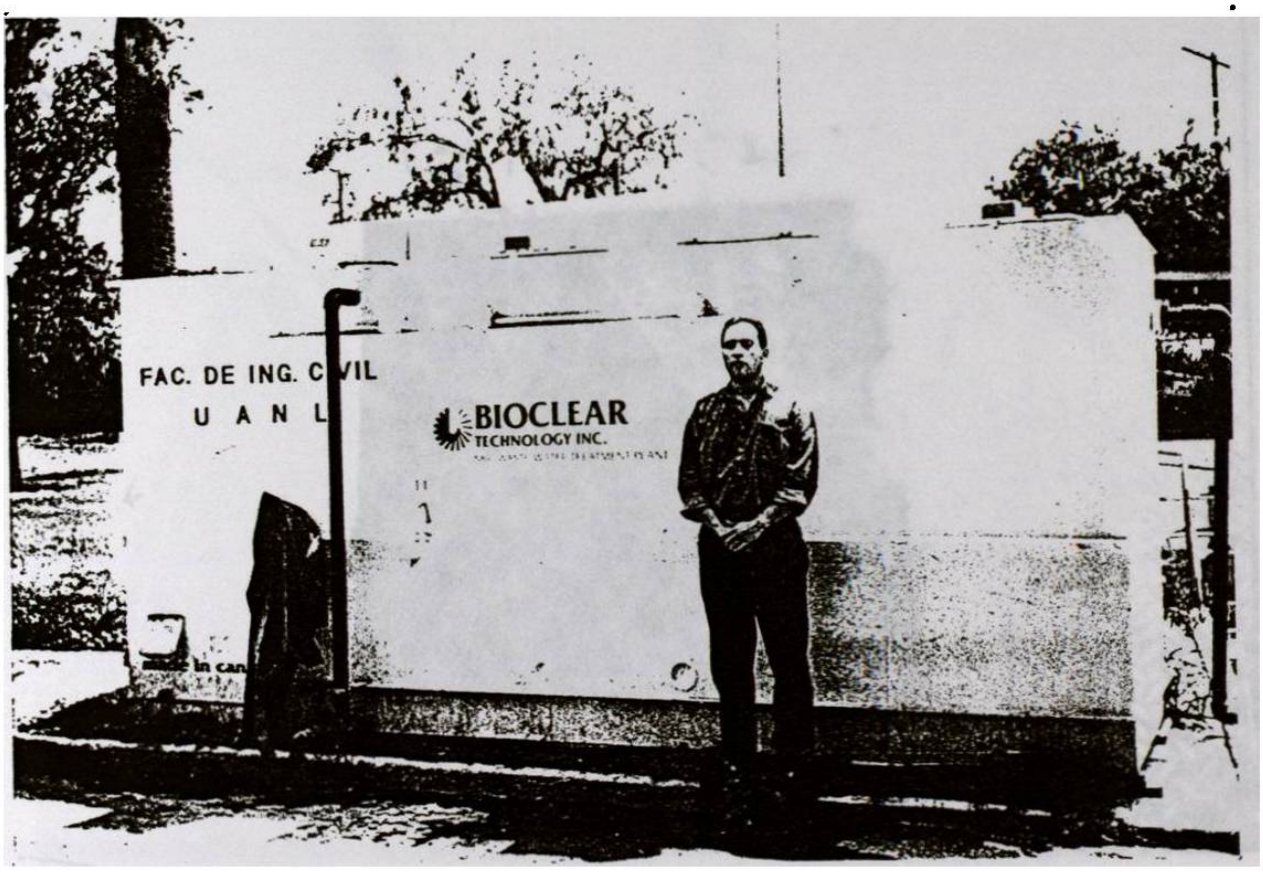


FIGURA A-1

PLANTA PILOTO DEL TIPO "SBR", PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES