

UNIVERSIDAD AMERICANA  
Facultad de Ingeniería



Tratamiento y Control de Aguas  
Residuales en el matadero  
PROINCASA

Yaosca Alejandra Streber Medina

Monografía para optar al grado de  
Ingeniero Industrial

Profesor Tutor:  
Lic. Ernesto González Valdés

Managua, Nicaragua, Febrero del 2003

## *Agradecimientos*

*A mis padres por la paciencia y comprensión  
durante los años de estudio .*

*Al Lic. González Valdés, mi tutor,  
por su apoyo y aporte en la elaboración de este trabajo.*

*A todas las personas que contribuyeron  
a la finalización de este trabajo y de la carrera.*

*Muchas Gracias.*

## Dedicatoria

*A mis padres  
por toda la confianza durante este largo tiempo;  
y por todo el apoyo  
para lograr la culminación de la carrera.*

## **INDICE:**

- Introducción.....
- Antecedentes.....
- Justificación.....
- Objetivo General.....
- Objetivos Específicos.....
- Marco Teórico.....
- Desarrollo
- Capítulo I: Principales contaminantes presentes en las aguas residuales del matadero PROINCASA y estudio comparativo de las técnicas de tratamiento más utilizadas en mataderos del país .....
- Capítulo II: Técnicas de tratamiento y control de aguas residuales que se pueden utilizar en el matadero PROINCASA .....
- Capítulo III: Evaluación Costo-Beneficio de la propuesta para el sistema de tratamiento de aguas residuales.....
- Conclusiones.....
- Recomendaciones.....
- Anexos
- Bibliografía

## **INDICE DE TABLAS:**

- Tabla 1.1: Ventajas y Desventajas del uso de tanques sépticos como sistema de tratamiento de aguas residuales
- Tabla 1.2: Ventajas y Desventajas del uso de filtros anaerobios como sistema de tratamiento de aguas residuales
- Tabla 1.3: Ventajas y Desventajas del uso de lagunas de estabilización como sistema de tratamiento de aguas residuales
- Tabla 2.1: ARTO.29 del Decreto 33-95 referente a las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de Matanza de Animales y Empacados Cárnicos
- Tabla 2.2: Caracterización aguas residuales matadero PROINCASA
- Tabla 2.3: pH en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción
- Tabla 2.4: pH en los filtros anaerobios y porcentaje de remoción
- Tabla 2.5: Sólidos Suspendidos Totales en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción
- Tabla 2.6: Sólidos Suspendidos Totales en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción
- Tabla 2.7: Sólidos Suspendidos Totales en los filtros de anaerobios y porcentaje de remoción
- Tabla 2.8: Sólidos Sedimentables en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción
- Tabla 2.9: Sólidos Sedimentables en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción
- Tabla 2.10: Sólidos Sedimentables en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción
- Tabla 2.11: DBO en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción
- Tabla 2.12: DBO en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción
- Tabla 2.13: DBO en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción
- Tabla 2.14: DQO en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción
- Tabla 2.15: DQO en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción
- Tabla 2.16: DQO en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción
- Tabla 2.17: Grasas y Aceites en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción
- Tabla 2.18: Grasas y Aceites en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción
- Tabla 2.19: Grasas y Aceites en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción
- Tabla 3.1: Presupuesto de construcción filtro anaerobio
- Tabla 3.2: Presupuesto de construcción laguna de estabilización

## **INDICE DE GRÁFICOS:**

- Gráfico 2.1: Cantidad de pH que ingresa al sistema de tratamiento
- Gráfico 2.2: Cantidad de pH en la laguna de estabilización
- Gráfico 2.3: Cantidad de pH en el filtro anaerobio (fin del proceso)
- Gráfico 2.4: Cantidad de Sólidos Suspendidos totales que ingresan al sistema
- Gráfico 2.5: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales en las rejillas de eliminación
- Gráfico 2.6: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales en la laguna de estabilización
- Gráfico 2.7: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales en el filtro anaerobio (fin del proceso)
- Gráfico 2.8: Cantidad de Sólidos Sedimentables que ingresan al sistema
- Gráfico 2.9: Cantidad de Sólidos sedimentables en las rejillas de eliminación
- Gráfico 2.10: Cantidad de Sólidos Sedimentables en la laguna de estabilización
- Gráfico 2.11: Cantidad de Sólidos Sedimentables en el filtro anaerobio (fin del proceso)
- Gráfico 2.12: Cantidad de DBO que ingresa al sistema
- Gráfico 2.13: Cantidad de DBO en las rejillas de eliminación
- Gráfico 2.14: Cantidad de DBO en la laguna de estabilización
- Gráfico 2.15: Cantidad de DBO en el filtro anaerobio (fin del proceso)
- Gráfico 2.16: Cantidad de DQO que ingresa al sistema
- Gráfico 2.17: Cantidad de DQO en las rejillas de eliminación
- Gráfico 2.18: Cantidad de DQO en la laguna de estabilización
- Gráfico 2.19: Cantidad de DQO en el filtro anaerobio (fin del proceso)
- Gráfico 2.20: Cantidad de Grasas y Aceites que ingresan al sistema
- Gráfico 2.21: Cantidad de Grasas y Aceites en las rejillas de eliminación
- Gráfico 2.22: Cantidad de Grasas y Aceites en la laguna de estabilización
- Gráfico 2.23: Cantidad de Grasas y Aceites en el filtro anaerobio (fin del proceso)

## ***INTRODUCCIÓN***

Agua es el nombre común que se da al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno. Una molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H<sub>2</sub>O), unidos entre sí por enlaces covalentes polares.

El agua es un elemento vital; forma parte de todos los seres vivos y ayuda en su desarrollo. Representa entre el 70 y 90% del peso de la mayor parte de los organismos. El ser humano está formado por un 70% de agua. También ocupa aproximadamente el 80% de la superficie terrestre; formando mares, ríos, y lagos.

El agua es utilizada como el disolvente universal por excelencia, ya que prácticamente lo disuelve todo, tanto sustancias de naturaleza polar, como compuestos orgánicos de baja masa molar; por lo tanto, es la sustancia que más se contamina y la falta de procesos de tratamiento que permitan la eliminación de los elementos que la contaminan, pueden ocasionar la disminución acelerada del agua.

Contaminación del agua es la incorporación de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Agua residual es el conjunto de las aguas que son contaminadas durante su empleo en actividades realizadas por las personas y los animales.

Al agua residual se le puede dar diversos tipos de tratamiento, ya sea mediante un proceso físico y/o químico, un proceso biológico o un tratamiento especializado que elimine elementos químicos dañinos para la salud.

Un inadecuado tratamiento a las aguas residuales puede ocasionar grandes daños al medio ambiente y a la salud humana; y debido a la gran importancia que ha adquirido la preservación de los recursos naturales, es necesario tomar medidas que conduzcan a un mejor cuidado de todos los recursos, especialmente aquellos donde intervenga el uso del agua.

La presente investigación se centrará en el tratamiento de las aguas residuales de Promotora Industrial de Carnes S.A. (PROINCASA), producto de las actividades de matanza de reses que ahí se realizan.

El presente trabajo pretende ser un documento de ayuda para la creación e implementación de un sistema de tratamiento y control de aguas residuales en el matadero PROINCASA y una posible guía para futuros estudios.

Es evidente que las recomendaciones y los datos mencionados en este documento no van a mejorar por si solas la calidad del agua, ni tampoco va a disminuir la contaminación ocasionada; sin embargo éste servirá para establecer una referencia con relación al tratamiento y a la preservación de un recurso natural tan importante en el desarrollo y supervivencia de todos los seres vivos y su importancia radicaré sobretodo en que contribuirá a mejorar los métodos empleados y ayudará en la conservación del agua y protección del medio ambiente.

A continuación presentamos los antecedentes del matadero PROINCASA, ubicado en el Km. 15½ carretera a Tipitapa, frente a la entrada a Cofradía.



## **ANTECEDENTES**

Promotora Industrial de Carnes S.A (PROINCASA), fue fundada en Marzo de 1991 por los hermanos Figueroa Aguilar y se dedica al acopio y procesamiento de reses.

El procesamiento de reses va desde la matanza de la res hasta la obtención de carne selecta, industrial, vísceras y ventas de pieles frescas<sup>1</sup>. Trabajan bajo el número de establecimiento 12 otorgado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

La empresa está compuesta por una Junta Directiva formada por: la Gerencia General, la Gerencia de Producción, la Gerencia Financiera y el Departamento de Ventas<sup>2</sup>.

PROINCASA cuenta con sesenta y cinco (65) trabajadores fijos, distribuidos de la siguiente manera: ocho (8) en el área de matanza, cuatro (4) en el área de deshuese, catorce (14) en servicios generales, tres (3) veterinarios, treinta y uno (31) en ventas y producción y cinco (5) en el área administrativa.

PROINCASA abastece a supermercados de Managua y León, distribuidoras de carnes, embutidoras, carnicerías, hoteles y restaurantes, misceláneas, minisuperes, pulperías, hospitales, universidades, empresas privadas y entidades del estado.

El matadero posee un área total de 300 manzanas, las cuales se utilizan para la crianza de reses, oficinas administrativas, bodega, comedor, puesto de venta local, cuarto frío y de refrigeración, sala de deshuese y sala de matanza. En

---

<sup>1</sup> Ver Anexo 1: Flujo de Proceso del Matadero PROINCASA

<sup>2</sup> Ver Anexo 2: Organigrama del Matadero PROINCASA

la sala de deshuese y la sala de matanza existen tuberías de desecho, pilas de separadores de sólidos y líquidos y tuberías para las aguas residuales.

En este momento Las aguas residuales dentro del matadero y por el incremento del caudal de las aguas residuales a lo largo de sus once (11) años de operación no están recibiendo tratamiento alguno. Sin embargo existe una pila séptica de 2m x 4m x 1.5m que almacena y conduce el agua al afluente más cercano.

Existen señalamientos establecidos por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y el Ministerio de Salud con relación al cuidado, conservación y uso moderado de los recursos naturales especialmente el agua; especificados en el Decreto 33-95<sup>3</sup> de la Gaceta No.118 del 25 de Junio de 1995 y la Ley No. 217 del Manual de Derecho Ambiental<sup>4</sup>; por lo tanto, es necesario darle un tratamiento adecuado a las aguas residuales producto de cualquier actividad industrial, para retonarlas a su entorno natural sin causar ningún daño.

Un tratamiento inadecuado de las aguas residuales dentro del matadero puede ocasionar que la empresa pierda el derecho a continuar con sus labores de producción, por posible contaminación al medio ambiente.

Razón por la cual se nos han solicitado realizar un estudio donde propongamos un marco de referencia que especifique las técnicas de tratamiento y control de aguas residuales que se podrían utilizar en el matadero Proincasa, para disminuir daños al medio ambiente.

---

<sup>3</sup> Ver Anexo 3: Decreto 33-95

<sup>4</sup> Ver Anexo 4: Ley No. 217, El agua y sus cuidados

## ***JUSTIFICACIÓN***

El agua es el recurso natural más utilizado; por lo tanto su contaminación es más rápida; por esta razón es necesario explotarla moderada y adecuadamente para contribuir a su conservación.

La contaminación del agua puede causar muchos daños, especialmente al medio ambiente y a la salud humana.

Introducir aguas residuales al medio ambiente no sólo contamina el lugar donde se depositan sino que también se disminuye la cantidad de agua limpia presente en la superficie terrestre.

En el matadero PROINCASA actualmente el agua residual producto de las labores de matanza que ahí se realizan se recolecta en una pila y posteriormente el agua por medio de tuberías naturales sigue su curso hacia el río más cercano.

En Nicaragua, desde 1995 entró en vigencia el decreto 33-95 referido a las normas a seguir para la conservación del agua; este decreto forma parte de las medidas y leyes de protección del medio ambiente y está presente en la Constitución de la República.

Como parte de la preservación de los recursos naturales y del ambiente, el matadero PROINCASA necesita diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales que le permita realizar labores de control en las aguas residuales que se producen para evitar contaminaciones y/o maltratos al medio ambiente.

El siguiente trabajo monográfico presentará una propuesta para seleccionar la técnica de tratamiento de aguas residuales que se podría implementar en el

matadero PROINCASA, para tratar de disminuir la contaminación al medio ambiente y aumentar la preservación de los recursos naturales.

Esta selección y posterior implementación contribuye a la preservación del agua en sus diferentes aplicaciones y también sirve de ejemplo a otras instituciones para el manejo adecuado de las aguas residuales industriales.

Al disminuir la contaminación del agua no sólo contribuimos al crecimiento equilibrado del ecosistema sino que también continuamos la labor de conservación y cuidado de los recursos naturales explotables como parte del legado a las futuras generaciones y su relación con el medio ambiente.

### ***OBJETIVO GENERAL:***

- Elaborar el marco de referencia que especifique la(s) técnica(s) de tratamiento y control de aguas residuales que se podrían utilizar en el matadero Proincasa, para disminuir daños al medio ambiente.

## ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS:***

- Determinar mediante consulta a encargados e investigación las técnicas de tratamiento de aguas residuales que se utilizan actualmente en el matadero PROINCASA, para determinar las consecuencias negativas que originan los componentes de las aguas residuales del matadero.
- Enumerar las técnicas de tratamiento de aguas residuales que existen y se utilizan frecuentemente en los mataderos del país para realizar estudios comparativos y señalar cual podría ser la más adecuada para el matadero PROINCASA.
- Realizar estudio de control de calidad del agua residual del matadero PROINCASA, para sugerir la(s) técnica(s) de tratamiento que ayude al cumplimiento de los parámetros establecidos y así lograr disminuir daños al medio ambiente.
- Definir la rentabilidad de la propuesta presentada para analizar la viabilidad del proceso de tratamiento de las aguas residuales en el matadero PROINCASA.

## ***ESQUEMA DEL MARCO TEÓRICO:***

- I. Calidad del agua.
  - A. Indicadores de calidad del agua
  - B. Indices de calidad del agua
  
- II. Técnicas y labores de tratamiento y control de aguas residuales.
  - A. Tratamiento Primario
  - B. Tratamiento Secundario
  - C. Tratamiento Avanzado
  
- III. Contaminación del agua
  - A. Fuentes y control
  - B. Contaminación marina

## ***DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO:***

### **CALIDAD DEL AGUA**

Calidad del agua es la condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos.

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato.

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la pérdida de calidad será menor.<sup>5</sup>

Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura.

---

<sup>5</sup> Kiely, Gerard. Ingeniería Ambiental, McGraw – Hill, Madrid, 1997, pp.355



El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua.

## **INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA**

Los parámetros comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son los siguientes: Oxígeno Disuelto, Potencial de Hidrógeno (pH), Sólidos en Suspensión, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Fósforo, Nitratos, Nitritos, Amonio, Amoníaco, Compuestos Fenólicos, Hidrocarburos derivados del petróleo, Cloro Residual, Cinc Total y Cobre Soluble.<sup>6</sup>

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO<sub>5</sub> y DQO. La DBO<sub>5</sub> es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C.

De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato de potasio en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO<sub>5</sub> porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DBO<sub>5</sub> suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que o no

---

<sup>6</sup> Walter J. Weber. Control de la Calidad del Agua: Procesos fisicoquímicos, Reverté, Barcelona, 1979, pp.65

biodegradables contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

El pH, es el término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales.

La acidez de un agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas ( $H^+$ ) presentes en esa agua, expresadas como partes por millón de carbonato de calcio equivalente.

La alcalinidad es una medida de la cantidad total de sustancias alcalinas ( $OH^-$ ) presentes en el agua y se expresa como partes por millón de  $CaCO_3$  equivalente.

También se pueden emplear bioindicadores para evaluar la calidad media que mantiene el agua en periodos más o menos largos; en este sentido, los propios peces indican las condiciones existentes pero, para análisis más finos, se pueden emplear los invertebrados del agua, muy diferentes en sensibilidad a las condiciones del agua dependiendo de las especies.

### **ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA**

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros.

Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de autodepuración. Los primeros índices de calidad se aplicaron en los Estados Unidos en 1972.

## **AGUAS RESIDUALES, TÉCNICAS Y LABORES DE TRATAMIENTO Y CONTROL.**

Agua residual es el conjunto de las aguas que son contaminadas durante su empleo en actividades realizadas por las personas y los animales. Las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial y agropecuario, estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas e industriales.

### **Depuración de aguas residuales<sup>7</sup>**

Los procesos empleados en las plantas depuradoras suelen clasificarse en tratamiento primario, secundario y terciario.

#### **Tratamiento Primario**

Generalmente, las aguas residuales que entran en una depuradora contienen materiales que podrían atascar o dañar las bombas y la maquinaria. Estos materiales se eliminan por medio de enrejados o barras verticales, y se queman o se entierran tras ser recogidos manual o mecánicamente.

El agua residual pasa generalmente a través de una trituradora, donde las hojas y otros materiales orgánicos son triturados para facilitar su posterior

---

<sup>7</sup> Motcalf, Leonard. Técnicas Básicas de Ingeniería: Tratamiento y depuración de las aguas residuales, Barcelona, 1981

procesamiento y eliminación, sin embargo actividad que es poco común en Nicaragua, lo que usualmente se utilizan son separadores simples de sólidos y líquidos.

- *Cámara de arena*

Para la Cámara de Arena, se usan tanques de deposición, largos y estrechos, en forma de canales, para eliminar materia inorgánica o mineral como arena, sedimentos y grava. Estas cámaras están diseñadas de modo que permitan que las partículas inorgánicas de 0,2mm ó más se depositen en el fondo, mientras que las partículas más pequeñas y la mayoría de los sólidos orgánicos que permanecen en suspensión continúen su recorrido.

- *Sedimentación*

Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO<sub>5</sub> y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación.

La coagulación es un proceso que consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico o polielectrolitos a las aguas residuales.

La floculación provoca la aglutinación de los sólidos en suspensión. Ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos en suspensión.

- *Flotación*

Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a presiones de entre 1.75 y 3.5 kg por cm<sup>2</sup>.

El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto; en él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.

- *Deseccación*

El lodo digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación. El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena. El lodo desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo.

- *Tanque Séptico*

En su forma más sencilla, los tanques sépticos son recipientes de sedimentación de un solo nivel, en los que los sólidos se mantienen por lapsos de tiempo para que sufran una digestión parcial o posiblemente completa.

### **Tratamiento Secundario**

Una vez eliminados de un 40 a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40% la DBO<sub>5</sub> por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua.

Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto. El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos.

En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. La producción de materia orgánica nueva debe eliminarse antes de descargar el agua en un afluente.

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario como:

- *Digestión*

La digestión es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, porque se producen en ausencia de oxígeno.

La conversión se produce mediante una serie de reacciones. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas. La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, a la materia sólida reduciéndola a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético.

Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45% y un 60%.

- *Filtro de goteo*

En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85% la DBO<sub>5</sub>.

Los filtros de goteo suelen subdividirse en Filtro Percolador (de alta carga, de baja carga, de desbaste, de muy alta carga, lento y de media y alta carga), así como también el Filtro Estándar.

- *Fango activado*

Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floc, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floc absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO<sub>5</sub> fluctúa entre el 60% y el 85%.

- *Estanque de estabilización o laguna*

Las lagunas de estabilización corresponden a estanques construidos en tierras de profundidad reducida, diseñados para el tratamiento de aguas residuales por medio de la interacción de la biomasa y la materia orgánica bajo condiciones naturales.

Tienen como propósito explícito conseguir que las aguas acumuladas en ellas lleguen a cumplir un conjunto de parámetros cuantitativos fijados por la ley que permiten descargarla al ambiente sin ocasionar problemas ambientales posteriores.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Fair, Gordon Maskew. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, Vol.2, México, 2001, pp. 647



Las lagunas opcionales, (lagunas aerobias-anaerobias) que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m, en la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la DBO<sub>5</sub> de un 75% a un 85%.

### **Tratamiento avanzado**

Si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse como agua potable, es necesario un tratamiento avanzado de las aguas residuales. A menudo se usa el término tratamiento terciario como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente lo mismo.

El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes recalcitrantes. Los tratamientos avanzados permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO<sub>5</sub> en similar medida.

## **CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

### **Fuentes de contaminación de aguas residuales<sup>9</sup>**

En general, las principales fuentes de contaminación pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

---

<sup>9</sup> Kiely, Gerard. Ingeniería Ambiental, McGraw – Hill, Madrid, 1999, pp.219-230

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares (aguas residuales domésticas) y los establecimientos comerciales (aguas residuales industriales). Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas.

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

En los últimos años, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración de los sólidos en suspensión y los compuestos orgánicos.<sup>10</sup>

Existen tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales:

- El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta.
- Las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana.
- Pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o campos de agua.

Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos.

---

<sup>10</sup> Kiely, Gerard. Ingeniería Ambiental: Fundamentos y entorno, McGraw – Hill, Madrid, 1999, pp.690

Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías.

## **CONTAMINACIÓN MARINA**

Los vertidos que llegan directamente al mar contienen sustancias tóxicas que los organismos marinos absorben de forma inmediata. Además forman importantes depósitos en los ríos que suponen a su vez un desarrollo enorme de nuevos elementos contaminantes y un crecimiento excesivo de organismos indeseables.

# *DESARROLLO*

## **CAPITULO 1:**

### **Principales contaminantes presentes en las aguas residuales del matadero PROINCASA y estudio comparativo de las técnicas de tratamiento más utilizadas en mataderos del país**

En el matadero PROINCASA, de lunes a viernes se utilizan 11,000 galones (41,635 litros) de agua diarios y los sábados 18,000 galones (68,130 litros) para las actividades de matanza, el 93% de esta agua se convierte en agua residual, que necesita de tratamiento para poder ser utilizada nuevamente, aunque es poco recomendable y no es lo que se pretende dentro del matadero.

Actualmente esta agua después de pasar por un separador de sólidos y líquidos es almacenada en una pila donde reposa por unas horas para después ser depositada en el afluente más cercano.

Para proporcionar un adecuado tratamiento a las aguas residuales del matadero y de acuerdo a la cantidad de agua utilizada en las labores (11,000 galones diarios de lunes a viernes y 18,000 galones los sábados). Primero es necesario conocer los principales contaminantes del agua.

Entre estos contaminantes tenemos los siguientes:<sup>11</sup>

1. Materia orgánica: Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas y cuya descomposición produce la desoxigenación del agua, muerte de peces y olores indeseables.

---

<sup>11</sup> Tratamiento de aguas residuales pp.29-30

2. Metales: Elementos o cuerpos simples que presentan características físicas y químicas particulares que dependen de su estructura atómica y su naturaleza; los metales incrementan la dureza, limitan los usos industriales, incrementan el contenido de sólidos disueltos y contribuyen a la eutroficación del agua.
3. Aceites: Líquido graso de color verde amarillento no miscible con el agua y más ligero que ella; los aceites pueden conducir al desarrollo de lodos y condiciones anaerobias, también causan turbiedad, y desmejoran el color y olor de l agua.
4. Sólidos en suspensión: Compuestos por materia orgánica que consiste en sólidos orgánicos en forma de grumos, escamas y coloides entremezclados que obstaculizan el paso del agua sobre su cauce, desgastan el equipo e interfiere en la reproducción de los peces y transforma la cadena alimenticia. También la acumulación de los mismos puede servir de criadero de mosquitos ocasionando enfermedades como dengue y malaria.
5. Microorganismos Patógenos: Llevados a las aguas residuales por el proceso y el recorrido de la misma, por lo general producen enfermedades y deterioran la composición del agua haciéndola insegura para consumo y recreación.
6. Nitratos: Siendo los más peligrosos para niños menores de un año, la ingestión de agua que contenga una concentración superior a 45 mg/l de  $\text{NO}_3$  puede producirles metahemoglobinemia infantil. Por otro lado, en niños mayores de un año y adultos, el consumo de agua con concentraciones mayores a la anteriormente indicada puede disminuir la cantidad de glóbulos rojos, provocando anemia.

También algunos productos químicos que incluyen los pesticidas y diversos productos industriales, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos, causan los mismos problemas que los microorganismos.

Estos contaminantes se encuentran presentes en las aguas residuales del matadero y por lo tanto hay que tratar de implementar un sistema de tratamiento que colabore en la eliminación de los mismos.

### **Efectos de la contaminación del agua**

Los efectos de la contaminación del agua abarcan muchos niveles en los que destacan afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal.

Dentro de los efectos negativos de la contaminación del agua nos centramos en la salud humana, por la ubicación del Matadero PROINCASA y la repercusión que esta puede causar a las poblaciones aledañas.

Los lagos de los alrededores son especialmente vulnerables a la contaminación. Hay un problema, la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, produce un crecimiento anormal de las plantas.

Los fertilizantes químicos que puede arrastrar el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables del crecimiento acelerado de algunas plantas y por consiguiente estas plantas son portadoras de sustancias inorgánicas u orgánicas nocivas para la salud.

El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos en el agua, como mal sabor y olor y un cúmulo de algas o verdín desagradable a la vista, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras.

En la mayoría de los mataderos de nuestro país los tipos de técnicas de tratamiento que se utilizan son de tipo primario y en algunos lugares dependiendo del caudal de agua que se utiliza estas técnicas primarias se combinan con técnicas de tratamiento secundario.<sup>12</sup>

El sistema de tratamiento más utilizado en los mataderos del país son los tanques sépticos por su bajo costo y su fácil construcción y uso, sin embargo, en los últimos años los mataderos nacionales han empezado a combinar el uso de tanques sépticos con sistemas de fangos activados, filtros de precipitación aerobios y anaerobios y muchas veces han sustituido los tanques sépticos por lagunas de estabilización para complementar la implementación de los sistemas de tratamiento secundario.

A continuación se presentan tablas comparativas que muestran algunas ventajas y desventajas del uso de las técnicas que se utilizan en los mataderos del país.

Tabla 1.1: Ventajas y Desventajas del uso de tanques sépticos como sistema de tratamiento de aguas residuales<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup>

<sup>13</sup> Orozco Jaramillo, Alvaro. Tratamiento biológico de las aguas residuales, Universidad de Antioquia, Medellín, 1988.



VENTAJAS	DESVENTAJAS
Baja inversión inicial	Propicia los malos olores
Fácil construcción	No remueve por completo los elementos presentes en el agua
Bajo costo de limpieza	Gran disponibilidad territorial
	Gran cantidad de sólidos

Tabla 1.2: Ventajas y Desventajas del uso de filtros anaerobios como sistema de tratamiento de aguas residuales <sup>14</sup>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta remoción de carga orgánica, hasta un 85%	Requiere de equipo mecanizado
Ocupa poco espacio, construcción simple	Requiere de personal técnico calificado
Tiempos de retención hidráulica cortos	Poca capacidad de asimilación, con relación a grandes cantidades de sólidos
Opera con flujo descendente y ascendente	Eventual producción de olores
Bajo requerimiento de energía	Aumenta concentración de Sólidos Suspendidos en el reactor

Tabla 1.3: Ventajas y Desventajas del uso de lagunas de estabilización como sistema de tratamiento de aguas residuales <sup>15</sup>

<sup>14</sup> Dostre, Ronald L. Theory and practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc., USA, 1999

<sup>15</sup> Fernández Polanco, F. Depuración anaerobia de aguas residuales IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Efluentes de buenas características	En épocas de frío disminuye su eficiencia
No requiere sedimentación primaria, ni digestión de lodos	Eventual producción de olores
Sistema fácilmente expansible	Eventual aspersión de partículas de agua y espuma
Costo inicial bajo	Produce gran cantidad de fango
No requiere equipo mecánico	Requiere grandes extensiones de tierra

Se analizan las ventajas y desventajas de cada tratamiento, para llegar a la conclusión que cada uno de ellos aporta algo al tratamiento del agua residual pero al mismo tiempo si no se supervisa adecuadamente puede ocasionar alguna de las desventajas presentadas.

## **CAPITULO 2**

### **Técnicas de tratamiento y control de aguas residuales que se pueden utilizar en el matadero PROINCASA.**

PROINCASA, tiene un poco más de una década (desde 1991) trabajando en el ámbito del acopio y procesamiento de reses y durante este tiempo ha adquirido y sostenido el respeto y la confianza de sus clientes.

El matadero PROINCASA ubicado en el Km.15½ carretera a Tipitapa frente a la entrada a Cofradía; posee un área total de 300 manzanas.

En la sala de deshuese y la sala de matanza que es donde se realiza el proceso productivo del matadero (el sacrificio de la res) existen tuberías de desecho, pilas de separadores de sólidos y líquidos y tuberías para las aguas residuales, que conducen el agua hacia una pila.

Es posible reducir los contaminantes del agua con un tratamiento adecuado, mediante el cual se obtengan los valores y parámetros exigidos en Nicaragua por MARENA y el Ministerio de Salud para poder reutilizar el agua.

Cuando el agua es utilizada en cualquier proceso dentro y fuera de la industria, sus propiedades físicas y químicas se ven alteradas; y para lograr reutilizar el agua y evitar daños al medio ambiente y la salud humana, es necesario someterla a algún proceso de tratamiento, que elimine los compuestos y elementos que le están contaminando.

Para lograr definir que tratamiento(s) se puede(n) utilizar en el matadero, lo primero que se realizó en PROINCASA fue una caracterización de las aguas residuales para obtener los datos de los parámetros a cumplir.

Después se realizaron medidas de la profundidad del manto freático, logrando determinar que se encuentra en promedio a una profundidad de tres (3) metros, donde la menor profundidad es 2.25 metros y la mayor 3.50 metros.<sup>16</sup> Estos datos sirven para demostrar que si al agua que se utiliza en el proceso de matanza en PROINCASA no se le aplica un tratamiento adecuado la contaminación al medio se extiende hasta las aguas subterráneas de los alrededores (hacia el Río Tipitapa y finalmente el Lago Xolotlán.)

De acuerdo a las normas nacionales de protección al medio ambiente ninguna empresa puede depositar aguas industriales sin previo tratamiento, ni directa, ni indirectamente a un afluente.

*TABLA 2.1: ARTO.29 del Decreto 33-95 referente a las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de Matanza de Animales y Empacados Cárnicos.*<sup>17</sup>

PARÁMETROS	Rangos y Límites Máximos permisibles promedio diario
pH	6-9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	200
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0
DBO (mg/l)	150
DQO (mg/l)	250
Grasas y Aceites (mg/l)	30

<sup>16</sup> Información proporcionada por el matadero PROINCASA

<sup>17</sup> Ver Anexo 3: Decreto 33-95

Para poder depositar el agua residual en el afluente más cercano es necesario realizar un tratamiento adecuado, lo más recomendado y utilizado en los mataderos de nuestro país es una mezcla de procesos, es decir, comenzar con un tratamiento primario sencillo para posteriormente aplicar un proceso o tratamiento secundario por medio del cual se logre cumplir con los parámetros establecidos.

Como se mencionó anteriormente lo primero que se realizó fue la caracterización de las aguas residuales del matadero; por lo tanto, a continuación se presenta la tabla de caracterización.

*Tabla 2.2: Caracterización aguas residuales matadero PROINCASA*

Parámetros	Cantidad que llega al sistema de tratamiento
pH	7.73-9.26
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	1776-2825
Sólidos Sedimentables (ml/l)	0.4-1.80
DBO (mg/l)	1433-6200
DQO (mg/l)	5668-10050
Grasas y Aceites (mg/l)	289-749

La caracterización de las aguas residuales se realiza para comparar los valores de los parámetros examinados (pH, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, DBO, DQO, Grasas y Aceites) con los valores que exige el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

Esta caracterización se lleva a cabo con la toma de muestras y el análisis de la concentración de cada componente en el agua residual.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Ver Anexo 5: Operaciones para la preservación de parámetros físicos y químicos y hoja de resultados.

Dado el valor de los parámetros obtenidos, en el caso de las aguas residuales del matadero PROINCASA, se sugiere implementar un sistema de tratamiento en tres (3) fases para lograr cumplir con los valores que demanda MARENA.

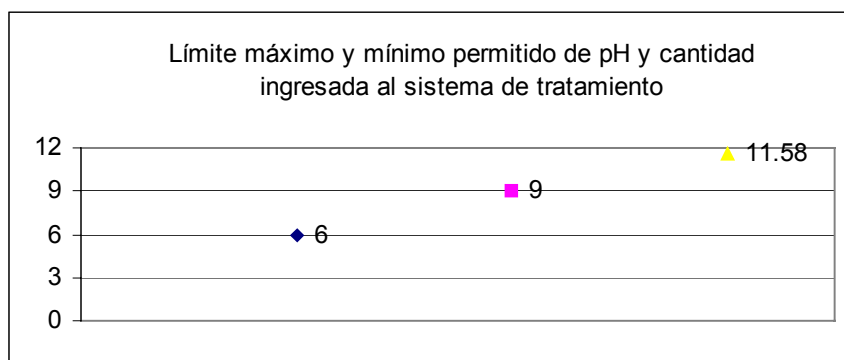
- Fase 1: Rejas de eliminación colocadas a lo largo del cuarto de matanza y a la salida del agua que se dirige al tanque receptor, para posteriormente llevarla a lo(s) Filtro(s) Anaerobios.
- Fase 2: Lagunas de estabilización donde el agua es almacenada de 2 a 7 días para disminuir la concentración de los elementos presentes en el agua y de esta manera lograr que el efluente que pasa a la siguiente etapa posea una mejor calidad. Basándonos en el caudal de agua utilizada diariamente en el matadero se realizan los cálculos y se llegó al resultado de que las dimensiones de la laguna de estabilización son 12 metros de largo \* 9 metros de ancho \* 2.5 metros de profundidad, para una capacidad de 270 m<sup>3</sup>, equivalente a 71,326.11 gln.
- Fase 3: Filtro(s) anaerobios para lograr disminuir las concentraciones de los elementos presentes en el agua residual y cumplir con los parámetros establecidos por la ley del país. Tomando en cuenta la carga orgánica que llega al filtro se determinó que la capacidad volumétrica apropiada para el filtro es de 6.84m<sup>3</sup> (donde el diámetro del filtro es 2.2m y su profundidad es de 1.8m)

Seleccionamos este sistema de tratamiento en tres fases porque estas técnicas son de las más usadas en la actualidad en nuestro país, también la inversión inicial es baja, la construcción es muy simple y porque ayuda a cumplir con los parámetros establecidos.

Para realizar el control de la calidad de las aguas residuales primero se incrementó el valor superior en un 25% para que al momento del diseño se pueda contar con un porcentaje de respaldo tomando en cuenta un incremento en la producción del matadero.

Este control de calidad se realizó por medio de tablas, donde se detalla individualmente la evolución de cada elemento en los procesos empleados.

*Gráfico 2.1: Cantidad de pH que ingresa al sistema de tratamiento*



*Tabla 2.3: pH en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción*

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
pH	11.58	10% <sup>19</sup>	10.42

<sup>19</sup> Fernández Polanco, F. Depuración anaerobia de aguas residuales IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.

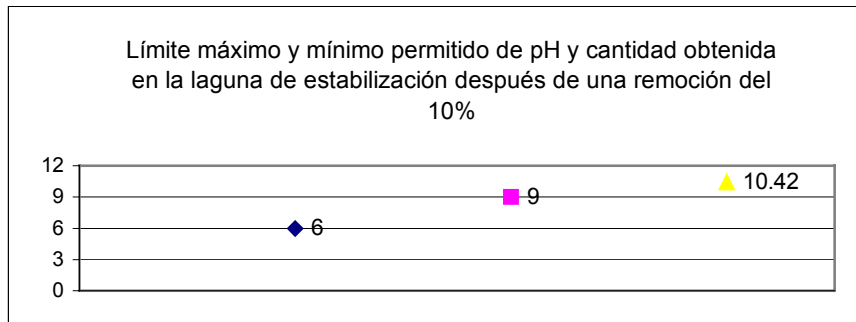


Gráfico 2.2: Cantidad de pH en la laguna de estabilización

Tabla 2.4: pH en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
pH	10.42	20% <sup>20</sup>	8.34

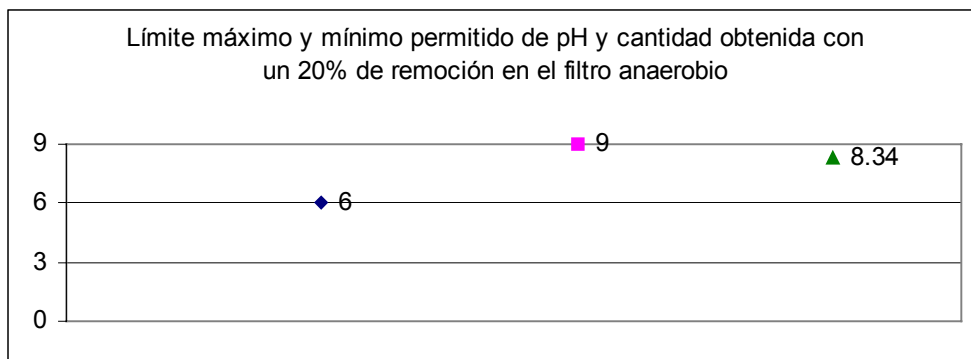


Gráfico 2.3: Cantidad de pH en el filtro anaerobio (fin del proceso)

Según las tablas y gráficos de control anteriores el pH presente en el agua residual se reduce por medio de dos (2) tratamientos secundarios los filtros anaerobios donde la reducción es de un 20% y en las lagunas de estabilización donde el pH lograr una reducción del 10% para al final obtener un valor de 8.34, valor que está dentro de los límites establecidos por MARENA.

<sup>20</sup> Dostre, Ronald L. Theory and practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc., USA, 1999



Gráfico 2.4: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales que ingresan al sistema

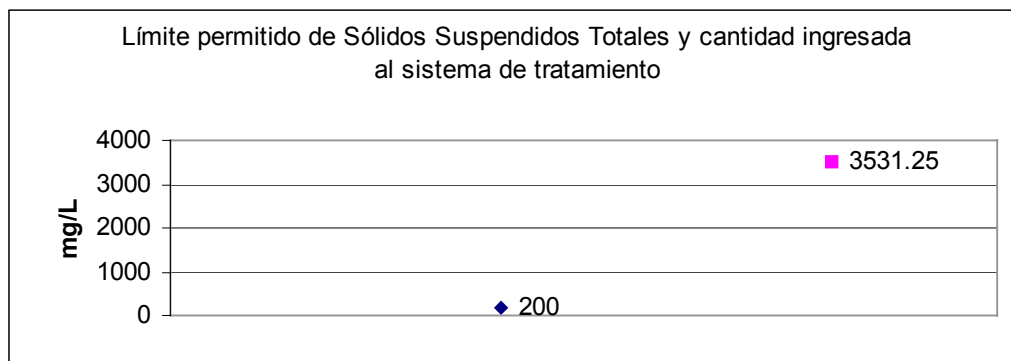


Tabla 2.5: Sólidos Suspendidos Totales en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
SST	3531.25	40%	2118.75

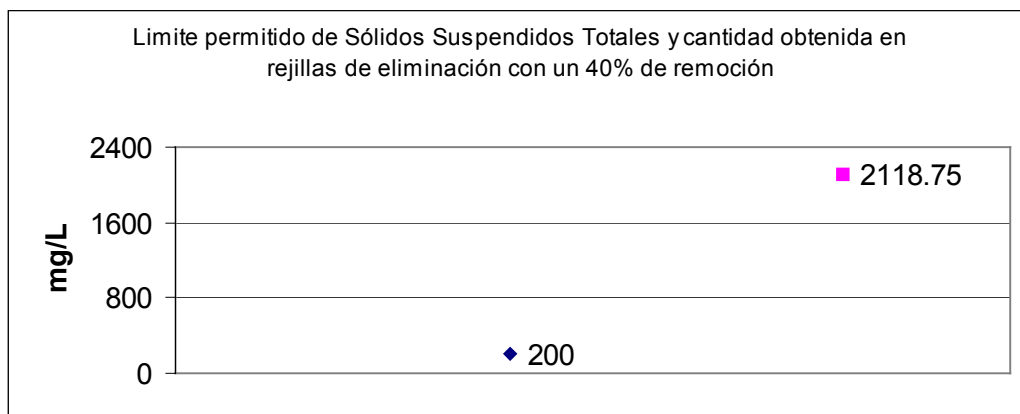
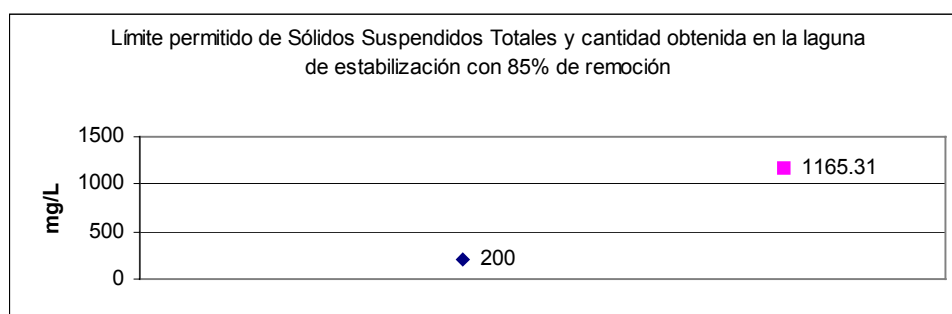


Gráfico 2.5: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales en las rejillas de eliminación

*Tabla 2.6: Sólidos Suspendidos Totales en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción.*

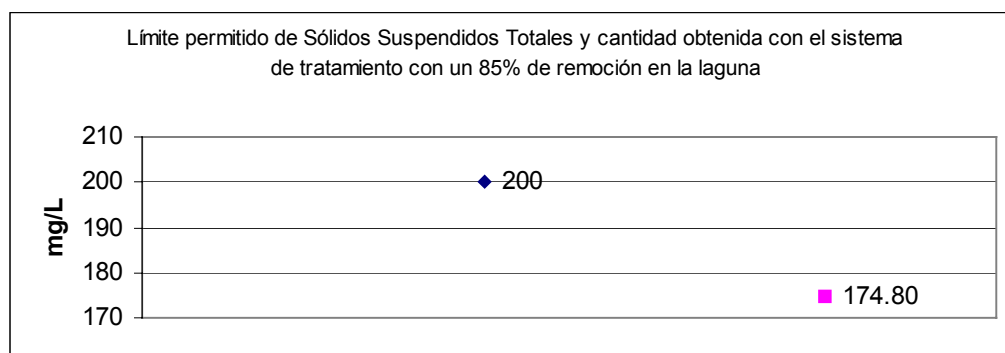
Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
SST	2118.75	85% <sup>21</sup>	317.81



*Gráfico 2.6: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales en la laguna de estabilización*

*Tabla 2.7: Sólidos Suspendidos Totales en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción*

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
SST	317.81	45% <sup>22</sup>	174.79



*Gráfico 2.7: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales en el filtro anaerobio (fin del proceso)*

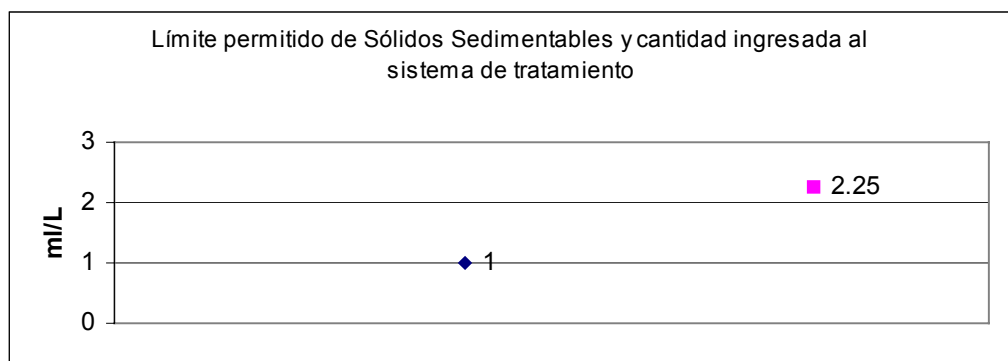
<sup>21</sup> Fernández Polanco, F. Depuración anaerobia de aguas residuales IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.

<sup>22</sup> Dostre, Ronald L. Theory and practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc., USA, 1999

Para reducir los sólidos suspendidos totales se utiliza una combinación entre un tratamiento primario (rejillas de eliminación) y dos tratamientos secundarios (filtro anaerobio y laguna de estabilización).

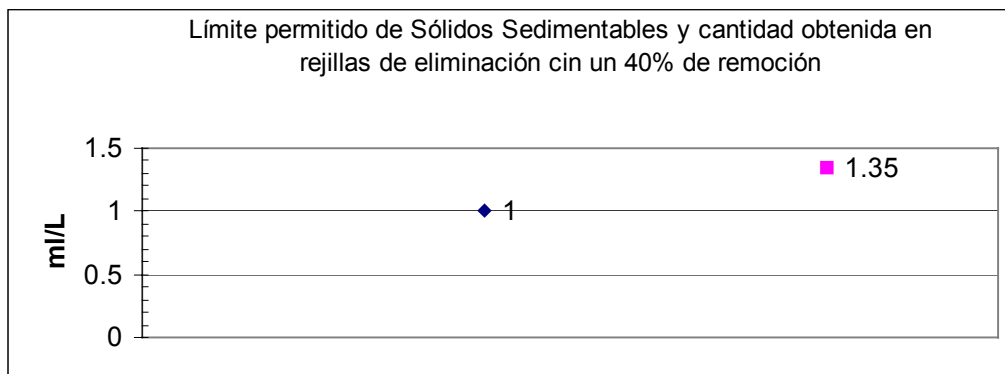
Con las rejillas de eliminación se logra reducir en un 40% la cantidad de sólidos, en la laguna de estabilización se reduce la cantidad de sólidos suspendidos totales en un 85% y en el filtro se reduce en un 45% adicional los sólidos hasta 174.79 mg/L que es un valor que está por debajo del límite máximo-mínimo que señala la ley.

*Gráfico 2.8: Cantidad de Sólidos Sedimentables que ingresan al sistema*



*Tabla 2.8: Sólidos Sedimentables en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción*

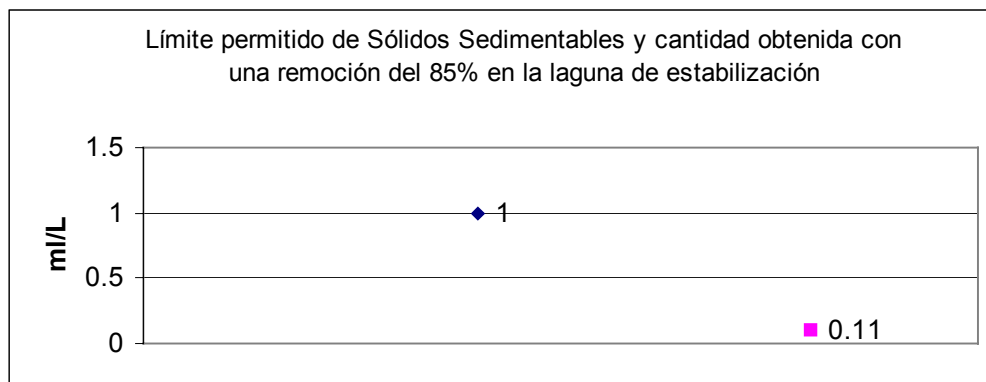
Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
Ssed.	2.25	40%	1.35



*Gráfico 2.9: Cantidad de Sólidos Sedimentables en las rejillas de eliminación*

*Tabla 2.9: Sólidos Sedimentables en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción*

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
Ssed.	1.35	85% <sup>23</sup>	0.2025



*Gráfico 2.10: Cantidad de Sólidos Sedimentables en la laguna de estabilización*

<sup>23</sup> Fernández Polanco, F. Depuración anaerobia de aguas residuales IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.

Tabla 2.10: Sólidos Sedimentables en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
Ssed.	0.2025	45% <sup>24</sup>	0.1114

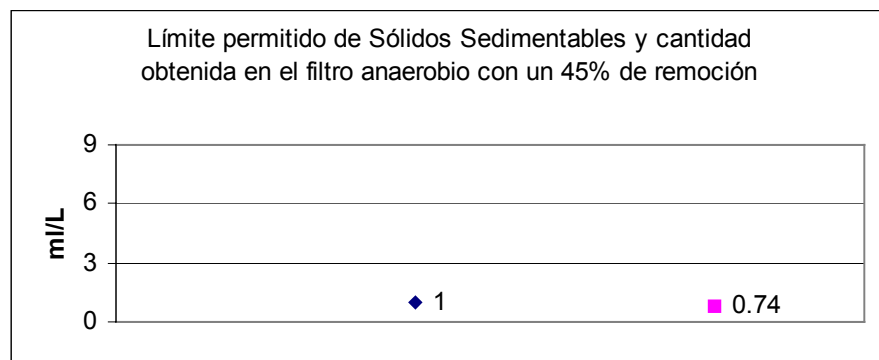


Gráfico 2.11: Cantidad de Sólidos Sedimentables en el filtro anaerobio (fin del proceso)

En la disminución de los sólidos sedimentables también se utiliza un tratamiento primario (rejillas de eliminación) y dos tratamientos secundarios (filtro anaerobio y laguna de estabilización).

Con las rejillas de eliminación se lograron disminuir en un 40%, en la laguna de estabilización se redujeron en un 85% y finalmente en el filtro se redujo en un 45% adicional hasta 0.1114 ml/L que es una proporción aceptable según los estándares establecidos en el país.

<sup>24</sup> Dostre, Ronald L. Theory and practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc., USA, 1999

Gráfico 2.12: Cantidad de DBO que ingresa al sistema

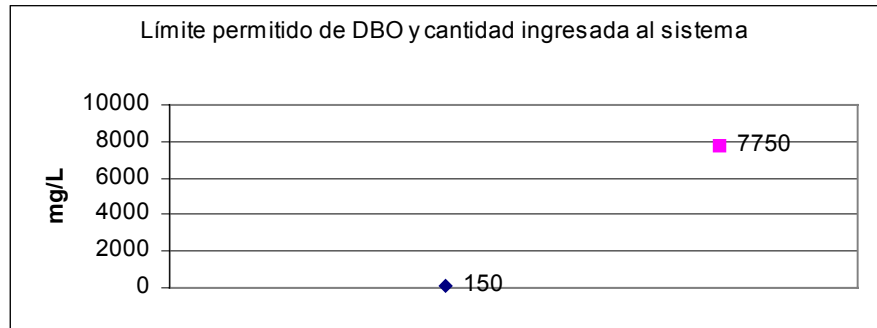


Tabla 2.11: DBO en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
DBO	7750	20%	6200

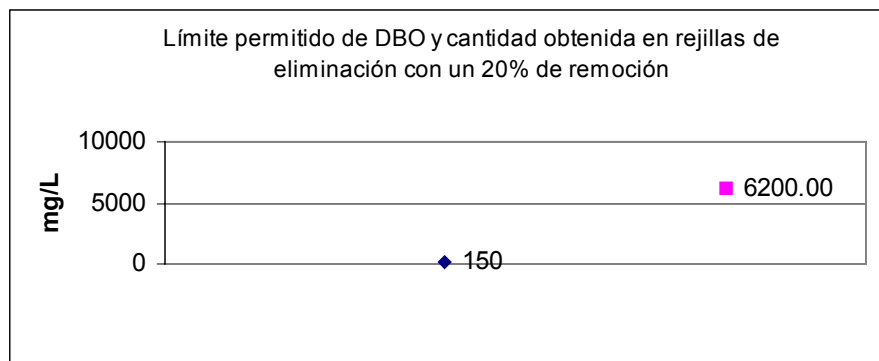


Gráfico 2.13: Cantidad de DBO en las rejillas de eliminación

Tabla 2.12: DBO en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
DBO	6200	85% <sup>25</sup>	930

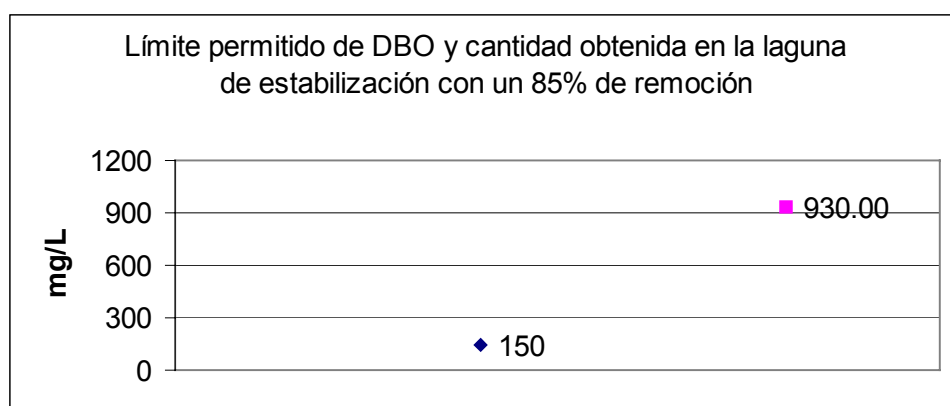


Gráfico 2.14: Cantidad de DBO en la laguna de estabilización

Tabla 2.13: DBO en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
DBO	930	85% <sup>26</sup>	139.50

<sup>25</sup> Fernández Polanco, F. Depuración anaerobia de aguas residuales IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.

<sup>26</sup> Dostre, Ronald L. Theory and practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc., USA, 1999

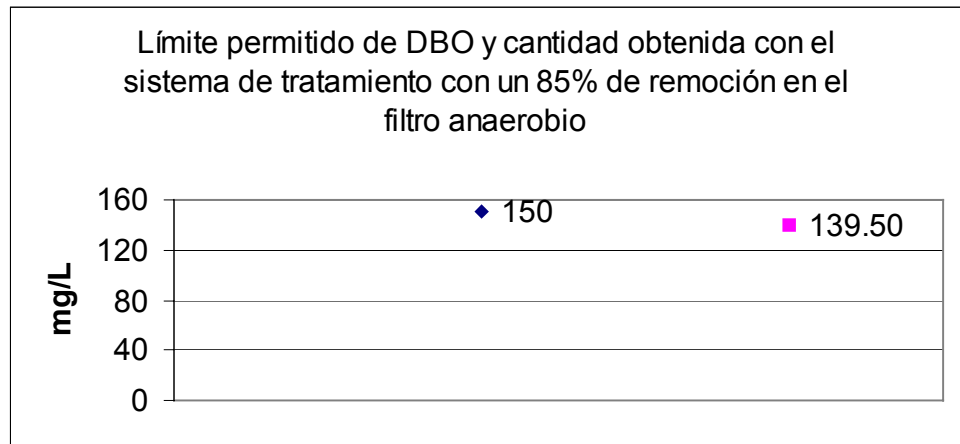


Gráfico 2.15: Cantidad de DBO en filtro anaerobio (fin del proceso)

Para eliminar la cantidad de DBO y siempre dentro del mismo proceso de tratamiento de las aguas residuales, se utiliza el mismo proceso (rejillas, laguna, filtro)

Con las rejillas de eliminación se reduce en un 20%, en la laguna de estabilización se logra reducir en un 85% y en el filtro se reduce en un 85% adicional para llevar la DBO hasta 139.5 mg/L, es decir, bajo el límite permitido por según el decreto.

Gráfico 2.16: Cantidad de DQO que ingresa al sistema

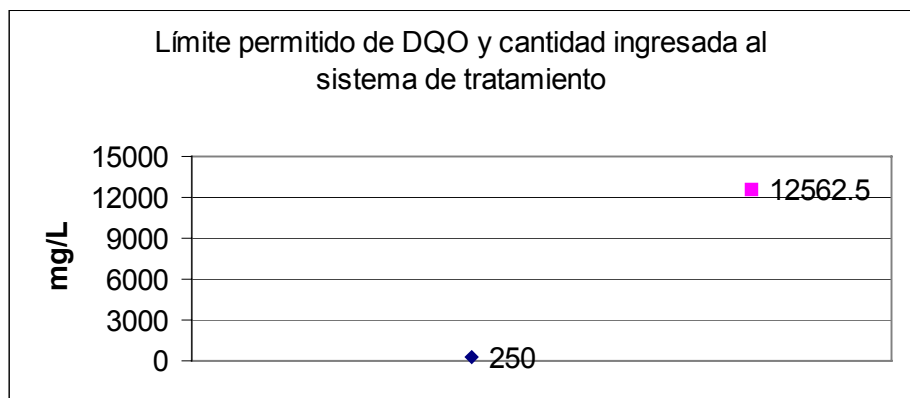




Tabla 2.14: DQO en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
DQO	12562.5	20%	10050

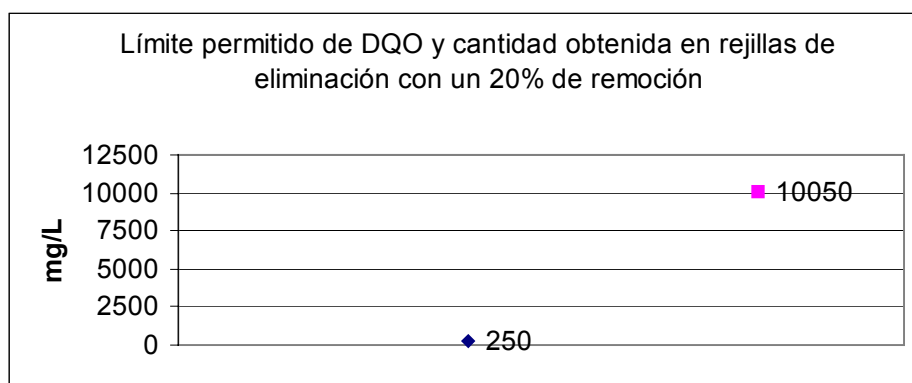


Gráfico 2.17: Cantidad de DQO en las rejillas de eliminación

Tabla 2.15: DQO en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
DQO	10050	85% <sup>27</sup>	1507.50

<sup>27</sup> Fernández Polanco, F. Depuración anaerobia de aguas residuales IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.

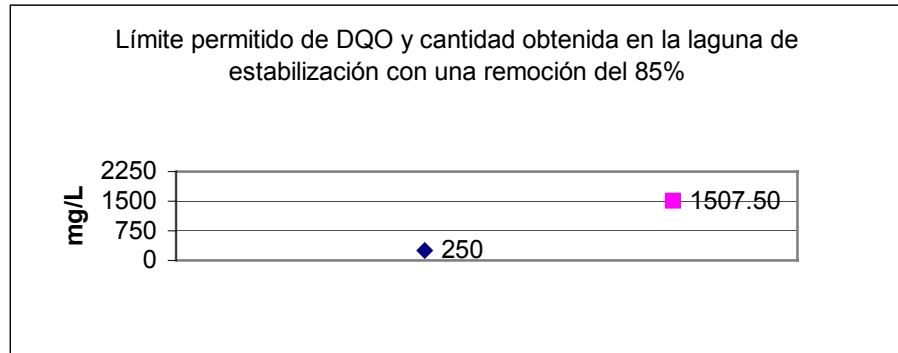


Gráfico 2.18: Cantidad de DQO en la laguna de estabilización

Tabla 2.16: DQO en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
DQO	1507.50	85% <sup>28</sup>	226.13

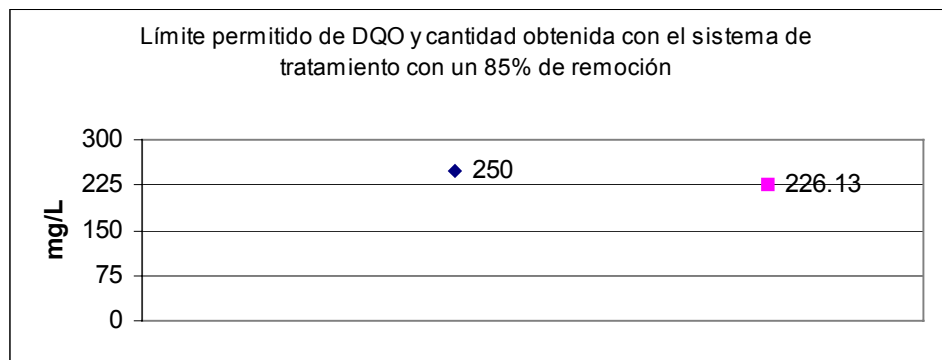


Gráfico 2.19: Cantidad de DQO en el filtro anaerobio (fin del proceso)

Para la reducción de la DQO en el tratamiento primario (rejillas de eliminación) se logró disminuir en un 20% y durante los dos tratamientos secundarios logramos disminuir un 85% adicional tanta en laguna de estabilización

<sup>28</sup> Dostre, Ronald L. Theory and practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc., USA, 1999

como en el filtro anaerobio hasta llevar el valor a 226.13 mg/L que es un valor de parámetro que está dentro los estándares establecidos en el país.

Gráfico 2.20: Cantidad de Grasas y Aceites que ingresan al sistema

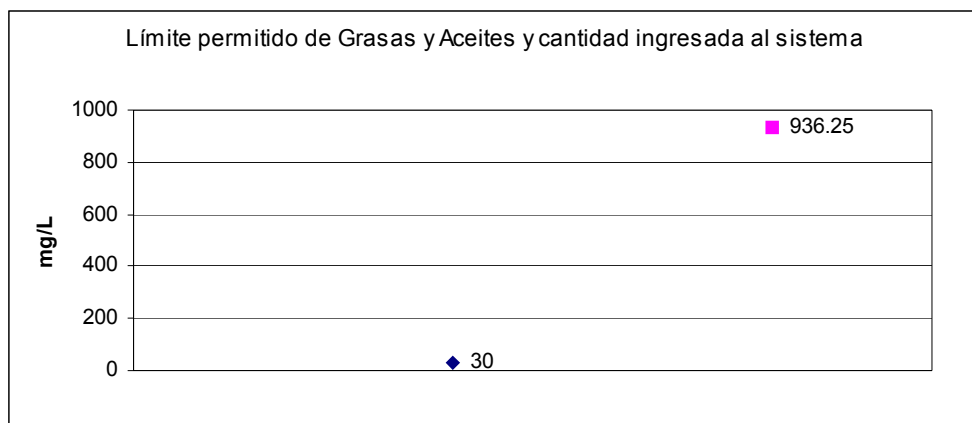


Tabla 2.17: Grasas y Aceites en las rejillas de eliminación y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
GyA	936.25	25%	702.19

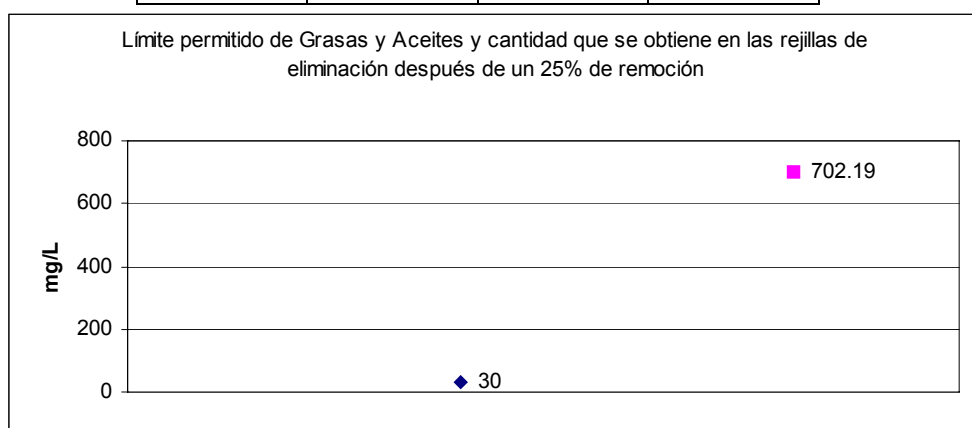


Gráfico 2.21: Cantidad de Grasas y Aceites en las rejillas de eliminación

Tabla 2.18: Grasas y Aceites en la laguna de estabilización y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
GyA	702.19	80% <sup>29</sup>	140.44

Gráfico 2.22: Cantidad de Grasa y Aceites la laguna de estabilización

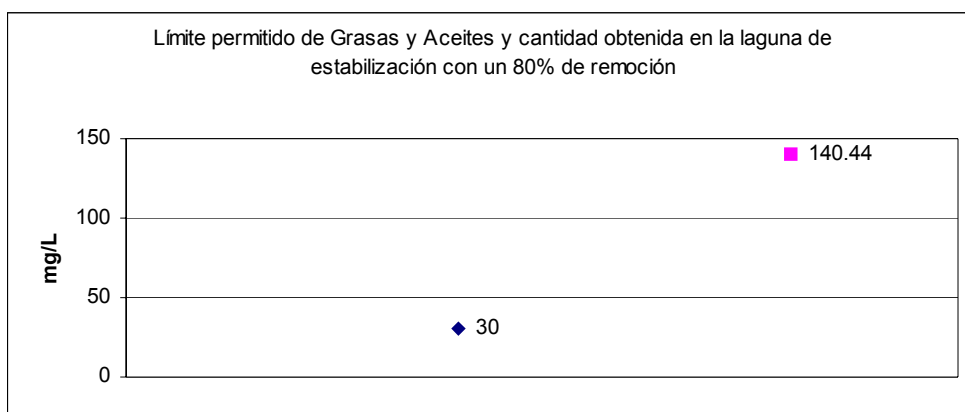


Tabla 2.19: Grasas y Aceites en el filtro anaerobio y porcentaje de remoción

Parámetro	Cantidad Ingresada	Porcentaje de Remoción	Cantidad Generada
GyA	140.44	80% <sup>30</sup>	28.09

<sup>29</sup> Fernández Polanco, F. Depuración anaerobia de aguas residuales IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.

<sup>30</sup> Dostre, Ronald L. Theory and practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc., USA, 1999

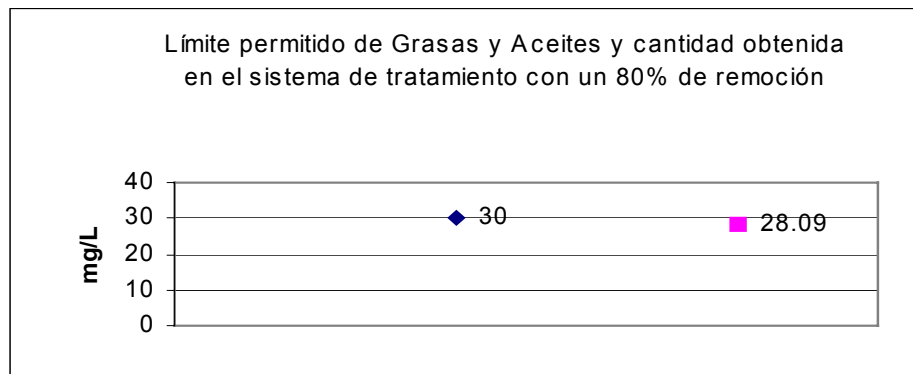


Gráfico 2.23: Cantidad de Grasas y Aceites en el filtro anaerobio (fin del proceso)

Para disminuir las grasas y los aceites se utilizó la misma combinación de tratamiento primario (rejillas de eliminación) y tratamientos secundarios (filtro anaerobio y laguna de estabilización)

Con el tratamiento primario (las rejillas de eliminación) se reduce en un 25%, con el primer tratamiento secundario se reduce en un 80% adicional y finalmente con el segundo tratamiento secundario (filtro anaerobio) se reduce hasta 28.09 mg/L que es una cifra aceptada y está dentro de los límites establecidos en el ARTO. 29 del decreto 33-95.

Del filtro el agua es llevada al tanque que ya existe en el matadero para que el vertido final del agua tratada se realice de la forma más habitual, es decir, es vertida directamente a un río o lago receptor.

Si toda empresa industrial que presenta los informes que exige el MARENA y cumple con los parámetros establecidos en el decreto 33-95, puede continuar con sus operaciones si incurrir en daños al medio ambiente.

El color final que posee el agua es verde musgo, este color indica la presencia o mezcla (en mínimas cantidades) de todas las sustancias y elementos

que intervinieron en el proceso de producción. Sin embargo; el color no es un determinante preciso de la calidad del agua, lo que permite su introducción a un afluyente o la reutilización de la misma, serán los resultados de las pruebas que se realizan para determinar las cantidades en mg/L de cada uno de los elementos presentes en el agua.

El agua que se obtiene como resultado de este tipo de tratamiento se utiliza frecuentemente, aunque mal utilizada, para el riego de algunas zonas verdes (dependiendo del tipo de cultivo, generalmente, plátanos, pitahaya y piña.) Decimos mal utilizada porque para el riego también se exige cumplir con parámetros.

## **CAPÍTULO 3**

### **Evaluación Costo-Beneficio de la propuesta para el sistema de tratamiento de aguas residuales.**

La implementación del sistema de tratamiento que sugerimos, es decir, las rejillas de eliminación, el filtro anaerobio y la laguna de estabilización, requiere de una inversión inicial, que permita la construcción de estos sistemas para poder realizar el tratamiento del agua residual.

Decimos que esta inversión se justifica con los costos o multas que el matadero PROINCASA evita al implementar un sistema de tratamiento y control de aguas residuales.

A continuación se señalan los gastos para la construcción del sistema de tratamiento que se sugiere.

El filtro anaerobio se construye con una pendiente  $0.25^\circ$  en relación a la superficie y a unos 5 metros de la laguna de estabilización, el filtro es circular y con un radio de 1.20m y una profundidad de 1.50m. El área a construir son  $14.4m^2$  para lo cual necesitamos:

Tabla 3.1: Presupuesto para la construcción de filtro anaerobio.

Materiales	Costos	
	Unitario	Total
Piedra Cantera (63)	C\$ 14.00	C\$ 882.00
Cemento (15 bolsas)	C\$ 66.00	C\$ 990.00
Arena para mezcla ( $3m^3$ )	C\$ 85.00	C\$ 255.00
Piedra Bolón ( $1m^3$ )	C\$ 105.00	C\$ 105.00
Mano de Obra	C\$ 2000.00	
TOTAL	C\$ 4232.00	

La laguna de estabilización se construirá a unos 35m de distancia del cuarto de matanza, como mencionamos anteriormente y basados en el caudal de agua utilizado se debe construir una laguna con las siguientes dimensiones 12m de largo \* 9m de ancho \* 2.5m de profundidad, dicha construcción puede tomar aproximadamente un mes y el costo de esta construcción se presenta a continuación.

Tabla 3.2: Presupuesto de construcción laguna de estabilización.

Material	Costo
Mano de Obra Excavación de 270m <sup>3</sup>	C\$ 13500.00
Arena para relleno de fondo (impermeabilización) (52.5m <sup>3</sup> )	C\$ 3150.00
TOTAL	C\$ 16650.00

La construcción de la tubería subterránea de 35m desde el cuarto de matanza hasta la laguna, otra tubería subterránea de 5m desde la laguna hasta el filtro anaerobio y por último una tubería subterránea desde el filtro hasta el tanque que ya existía y de ahí el agua se dirige al cauce donde se depositarán las aguas (40m) es C\$ 1120.00 en tubos (14tubos a C\$ 80.00 cada uno), C\$ 70.00 en pegamento y C\$ 3500.00 mano de obra; para un Total de C\$ 4690.00.

El costo de la fabricación de las rejillas de eliminación es de C\$ 283.26 en la malla expandida, C\$ 120.00 en tubos cuadrados para el marco de las rejillas y C\$ 800.00 la mano de obra para totalizar C\$ 1203.26.

El total de la construcción del filtro anaerobio, la laguna de estabilización, las rejillas de eliminación y la tubería es de C\$ 26775.26, sin embargo, se deben construir dos sistemas paralelos para cuando se realice limpieza completa del sistema, por lo tanto, el costo del sistema de tratamiento es de C\$ 53550.52.



Como mencionamos anteriormente las multas que se pagan por el incumplimiento de las disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias son las siguientes:

Se clasifican en faltas leves, faltas graves y faltas muy graves.

Las faltas leves se sancionan con multas comprendidas entre los C\$ 10,000.00 y C\$ 25,000.00.

Las faltas graves se sancionan con multas comprendidas entre los C\$ 12,000.00 y C\$ 25,000.00.

Las faltas muy graves se sancionan con multas comprendidas entre los C\$ 150,000.00 y los C\$ 200,000.00.

Todas estas multas de acuerdo a los incumplimientos de los artículos señalados en el Manual de Derecho Ambiental pp.91 Sección IV.<sup>31</sup>

Por lo tanto, la inversión realizada en la implementación de un sistema de tratamiento para las aguas residuales del matadero PROINCASA se justifica al poder evitar las multas establecidas por MARENA y la constitución de la república y de esta manera se puede continuar con los procesos de producción y ayudamos a la preservación del agua.

---

<sup>31</sup> Ver Anexo 6: Contaminación, Manual de Derecho Ambiental, Sanciones.

## **CONCLUSIONES:**

1. Los riesgos de enfermedades como el dengue y la malaria producidos por agentes transmisores, presentes en la acumulación de agua sin tratamiento, como los mosquitos, se disminuyen cuando el agua residual recibe un tratamiento y control adecuado.
2. La técnica de tratamiento de aguas residuales más utilizada en los mataderos nacionales son los tanques sépticos, sin embargo en la actualidad se ha comenzado a incluir tratamientos secundarios (como filtros de precipitación y lagunas de estabilización) en el tratamiento y control de aguas residuales, que mejoran enormemente la calidad del agua que se deposita en los ríos o lagos cercanos al lugar donde se realiza el tratamiento.
3. La implementación de una sola técnica de tratamiento no logra cumplir con los parámetros establecidos por el MARENA; esto representa un riesgo bastante alto; por lo tanto es necesario tratar de implementar una combinación de técnicas (tratamientos primarios-secundarios) para lograr alcanzar y cumplir con estos parámetros.
4. La relación Costo-Beneficio que existe entre la inversión inicial y la efectividad del sistema de tratamiento se observa en el monto de multas o sanciones en las que se podría incurrir de no cumplir con los parámetros establecidos por el MARENA.

## **RECOMENDACIONES:**

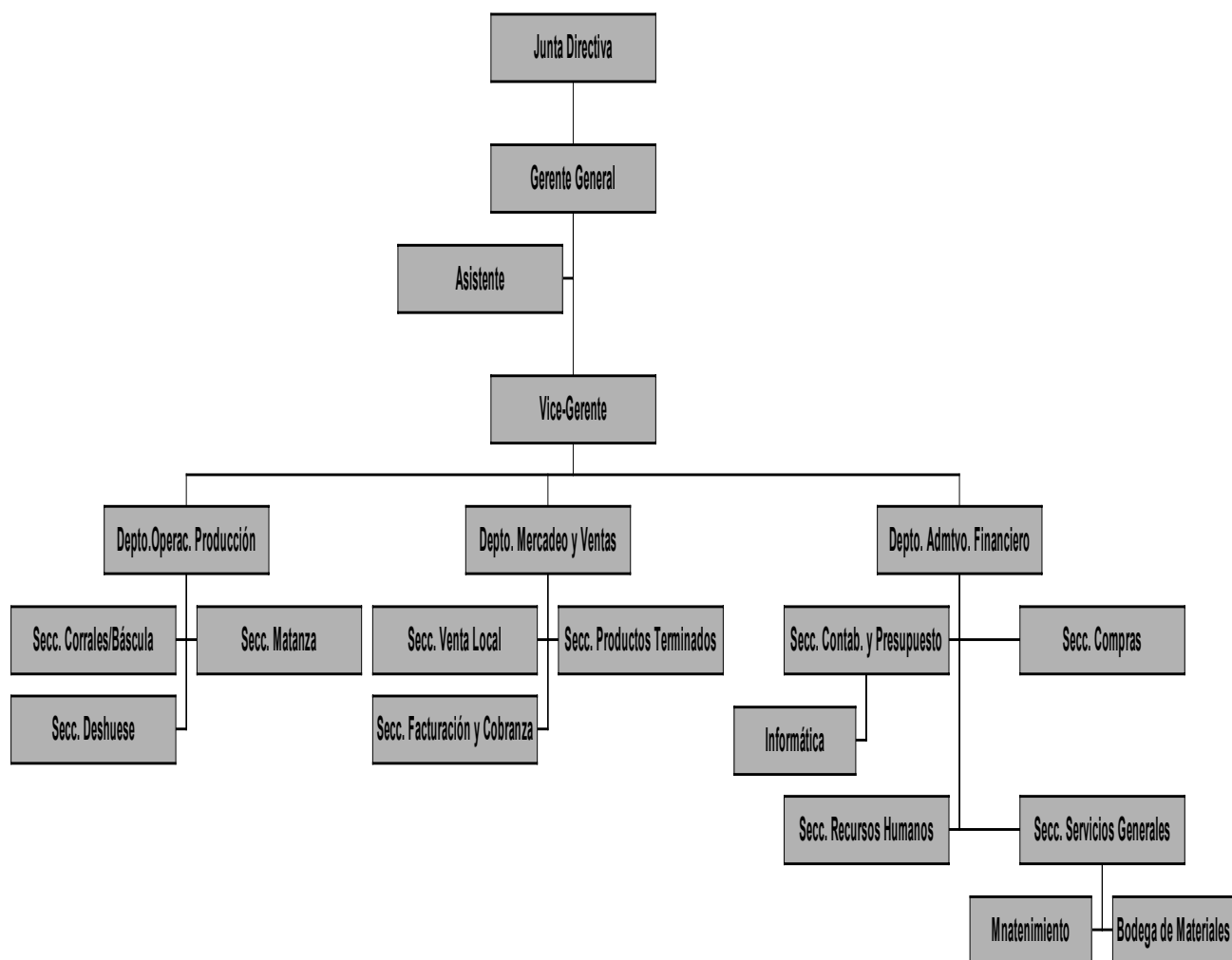
1. Recomendamos que en el sistema de tratamiento del matadero PROINCASA, la limpieza de las rejillas de eliminación debe realizarse por lo menos dos (2) veces al día para evitar la acumulación de los sólidos que son retenidos en ellas.
2. Tomando como referencia los sistemas de tratamiento implementados en otros mataderos a nivel nacional, recomendamos que el sistema que se implemente en PROINCASA, sea primario-secundario para poder cumplir con los estándares establecidos por la ley y la organización reguladora.
3. Como se hace en otros mataderos recomendamos que el lodo que se obtiene producto del proceso se puede utilizar como abono orgánico o ser eliminado enterrándolo pero tomando las medidas necesarias para no crear al daño en el entorno donde se haga.
4. Recomendamos que el filtro anaerobio se limpie por lo menos una vez a la semana o la acumulación de sólidos en la película microbiana puede obstaculizar el buen desempeño del sistema de tratamiento que se sugiere para el matadero PROINCASA.
5. La ubicación de la laguna de estabilización dentro de PROINCASA debe tomar como referencia la dirección del viento para evitar los malos olores dentro del matadero.
6. Recomendamos que el matadero PROINCASA designe una persona que se encargue de supervisar el funcionamiento adecuado del sistema de tratamiento de las aguas residuales del matadero.

## INDICE DE ANEXOS:

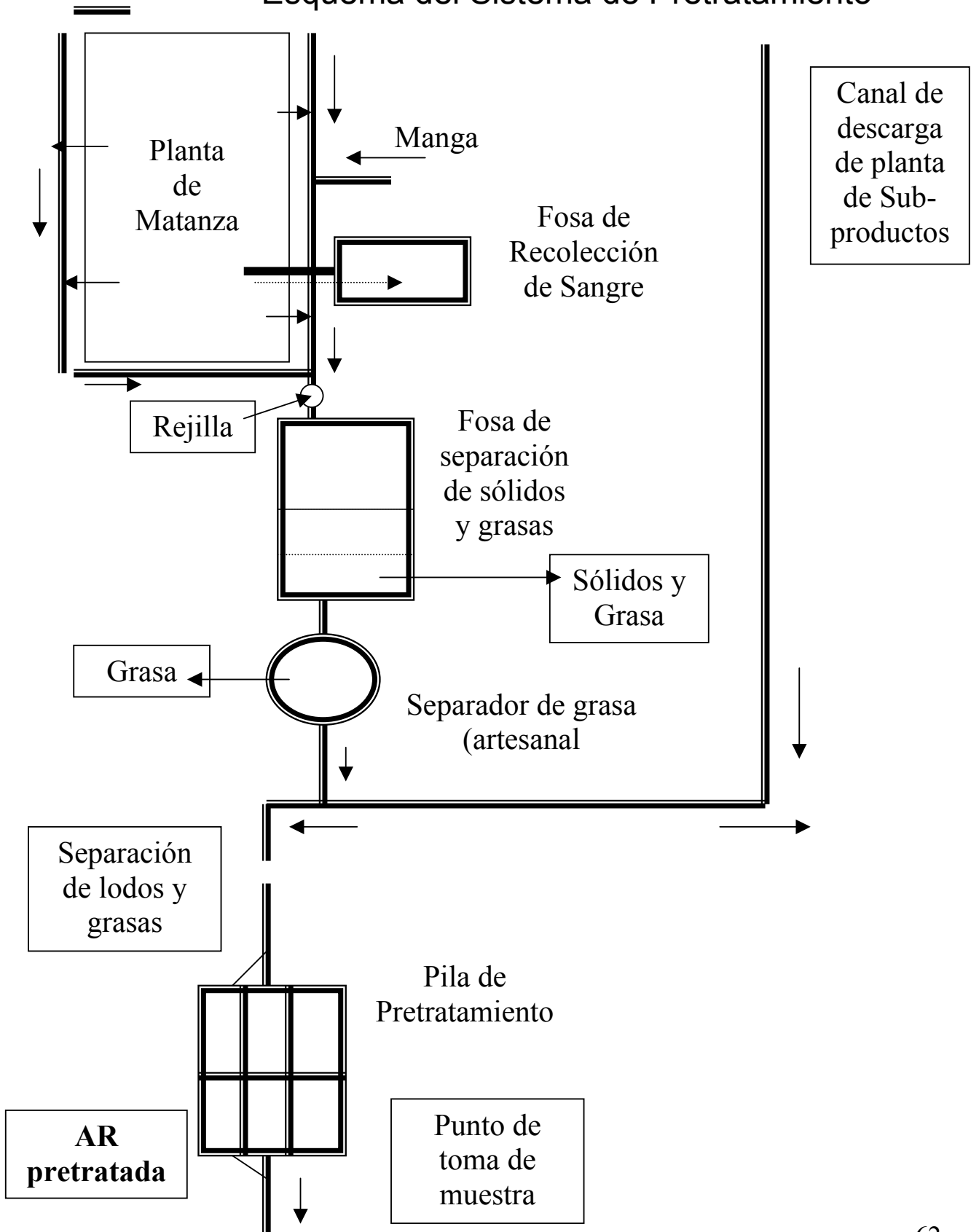
- Anexo # 1: Flujo de proceso del matadero PROINCASA
- Anexo # 2: Organigrama Matadero PROINCASA
- Anexo # 3: Decreto 33-95
- Anexo # 4: Ley N° 217, El agua y sus cuidados
- Anexo # 5: Operaciones para la preservación de parámetros físicos y químicos y hoja de resultados
- Anexo # 6: Contaminación Manual de Derecho Ambiental, Sanciones
- Anexo # 7: Esquema del Sistema de Pretratamiento

## Anexo # 1: Flujo de Proceso Matadero PROINCASA

# Organigrama Matadero PROINCASA



## Esquema del Sistema de Pretratamiento



## ***BIBLIOGRAFÍA***

1. Departamento de Sanidad de Nueva York. Manual de tratamiento de aguas, Editorial Limusa, México, 1979.
2. Doster, Ronald L. Theory and Practice of wastewater treatment, John Wiley & Sons Inc, USA, 1999.
3. Enciclopedia Microsoft Encarta, 2000.
4. Fair, Gordon Maskew. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales: Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales, Vol.1, Editorial Limusa S.A, México, 1980.
5. Fair, Gordon Maskew. Geyer, John Charles. Okun, Daniel Alexander. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales: Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales, Vol.2, Editorial Limusa S.A, Grupo Noriega Editores, 16ª reimpresión, México, 2001.
6. Fair, Gordon Maskew. Geyer, John Charles. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales: Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales, Vol.3, Editorial Limusa S.A, 1968.
7. Fernández Polanco, F. Depuración Anaerobia de aguas residuales, IV Seminario DAAR, Valladolid, 1997.
8. Hardenbergh, W.A.; Rodie, Edward. Ingeniería Sanitaria, Editorial Continental, México 1984.
9. Kiely, Gerard. Environmental Engineering, Irwin / McGraw - Hill, England, 1997.

10. Kiely, Gerard. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnología y sistemas de gestión, McGraw – Hill, Madrid, 1999.
11. Motcalf, Leonard. Técnicas Básicas de Ingeniería: Tratamiento y depuración de las aguas residuales, Editorial Labor, 2ª edición, Barcelona, 1981.
12. Organización Mundial de la Salud. Normas Internacionales para el agua potable, OMS, Ginebra, 1994.
13. Orozco Jaramillo, Alvaro. Tratamiento biológico de las aguas residuales, Universidad de Antioquía, Medellín, 1988.
14. Romero Rojas, Jair. Tratamiento de Aguas Residuales por lagunas de estabilización, 3era. Edición, 1999.
15. Sáenz Ruiz, Rosario. Cortez Tellez, Gloria. Manual de derecho ambiental, MARENA, Nicaragua, 1998.
16. Steel, Ernest W. McGhee, Terence J. Abastecimiento de agua y alcantarillado. Editorial Gustavo Gil, Barcelona 1981.
17. Tchobanoglous, George. Técnicas Básicas de Ingeniería: Ingeniería Sanitaria: Redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales, Editorial Labor, Barcelona, 1985.
18. Walter J, Weber. Control de la Calidad de agua: Procesos fisicoquímicos, Reverté, Barcelona, 1979.
19. Yañez Cossio Fabián. Lagunas de estabilización, Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento, Lima, 1993.