



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS -ERIS-**

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y
DE SU REUTILIZACIÓN PARA UN RASTRO DE PORCINOS**

ING. CARLOS FEDERICO GUILLERMO BOBURG MORALES

GUATEMALA, JUNIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS -ERIS-**



**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DE SU
REUTILIZACIÓN PARA UN RASTRO DE PORCINOS**

ESTUDIO ESPECIAL

Presentado a la
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
(ERIS)

Por
ING. CARLOS FEDERICO GUILLERMO BOBURG MORALES

Como requisito previo a optar el grado académico de

**MAESTRO
(MAGISTER SCIENTIFICAE)**

En

INGENIERÍA SANITARIA

Guatemala, junio de 2010

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala establecen, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DE SU REUTILIZACIÓN PARA UN RASTRO DE PORCINOS

Tema que me fuera autorizado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) con fecha 16 de enero de 2007

Ing. Carlos Federico Guillermo Boburg Morales

Guatemala, junio de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala, Julio de 2010

FACULTAD DE INGENIERÍA

Msc. Ing. Adán E. Pocasangre Collazos

Coordinador de Maestría Ingeniería Sanitaria

Escuela regional de Ingeniería Sanitaria
y Recursos Hidráulicos

Estimado Ing. Pocasangre:

Habiendo revisado el documento denominado **“Propuesta de modelo de tratamiento de las aguas residuales y de su reutilización para un rastro de porcinos”**, que fuera elaborado por el **Ing. Carlos Federico Guillermo Boburg Morales** como parte de su Estudio Especial y como requisito para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería Sanitaria, mediante la presente me permito informarle mi satisfacción con su contenido y por lo tanto le comunico que dicho documento cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo la atención prestada a la presente me suscribo de usted,

Atentamente,

M.Sc. Ing. Julio Guillermo García Ovalle

Asesor

“ID y ENSEÑAD A TODOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

Guatemala, Julio de 2010



FACULTAD DE INGENIERÍA

Señores
Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetuosamente les comunico que he revisado, en mi calidad de Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria, el documento de Estudio Especial II titulado:

Propuesta de tratamiento de las aguas residuales y de su reutilización para un rastro de porcinos

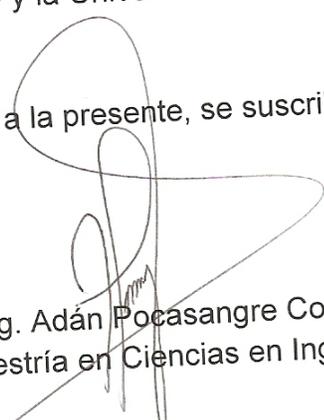
Presentado por el estudiante de la maestría mencionada,

Ingeniero Carlos Federico Guillermo Boburg Morales

Les manifiesto que el estudiante cumplió en forma satisfactoria con los requisitos establecidos por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS- y la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la realización de su estudio.

Agradeciéndoles la atención a la presente, se suscribe de ustedes.

Atentamente,


Dr. Ing. Adán Pocasangre Collazos
Coordinador Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria

"ID y ENSEÑAD A TODOS"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS- después de conocer el dictamen del tribunal examinador integrado por los profesores siguientes: M.Sc. Ing. Julio Guillermo García Ovalle, M.Sc. Ing. Joram Gil Laroj, M.Sc. Ing. Félix Aguilar Carrera, así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria; Dr. Ing. Adán Pocasangre Collazos y la revisión lingüística realizada por la Licenciada en Letras Marta Lidia Marroquín Reyes, Colegiada No. 10329 al trabajo del estudiante Ingeniero Carlos Federico Guillermo Boburg Morales, titulado *PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DE SU REUTILIZACION PARA UN RASTRO DE PORCINOS*. En representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo, en Guatemala a los 23 días del mes de julio de 2010.

IMPRIMASE

M.Sc. Ing. Pedro Saravia Celis
DIRECTOR

Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos
-ERIS-

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Agr. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

DIRECTOR DE ERIS

M.Sc. Ing. Pedro Saravia Celis

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL

EXAMINADOR	M. Sc. Ing. Julio Guillermo García Ovalle
EXAMINADOR	M. Sc. Ing. Joram Gil Laroj
EXAMINADOR	M. Sc. Ing. Félix Douglas Aguilar Carrera

ASESOR DE ESTUDIO ESPECIAL

M. Sc. Ing. Julio Guillermo García Ovalle

DEDICATORIA

A:

DIOS TODO PODEROSO Por permitirme alcanzar esta meta, que pienso utilizar para contribuir al mejoramiento de la salud humana, la formación intelectual de las nuevas generaciones y la conservación del medio ambiente; además, será orgullo de mis hijos amados, Carlos Guillermo y Ada Marión.

MIS PADRES Zoila Herty Morales Tager y Francisco Miguel Boburg Zetina, ejemplo de personas que dentro de nuestra sociedad, son dignos de magnificar por su rectitud, amor, esperanza y comprensión.

MI ESPOSA Ana Lucrecia Requena Pinelo, mi compañera amada, con quien disfruto y sufro los éxitos y fracasos que la vida me da; por ser el alimento que mantiene con vida mi ser y mi existencia.

MIS HIJOS Carlitos Guillermo y Marión, retoñitos que Dios me regaló para cuidarlos y enseñarles, para que sigan los pasos del aprendizaje y del conocimiento, y que algún día con este ejemplo, puedan aportar significativamente a la grandeza de Dios, quien indudablemente tanto nos quiere.

MIS HERMANOS Frank, Miguel, Waleska, Sulma Verónica, Rolando, y Jaime.

MIS SOBRINOS Natalia, Max, Valentina, Valeria, Víctor Huguito, Andrés y Naty.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS-, por todo el apoyo brindado.

Al Centro de Carnes S. A., en especial al Lic. Octavio López, Gerente General, por permitir el desarrollo del presente estudio de investigación dentro del rastro, y por haber otorgado todas las facilidades para su desarrollo.

A mi asesor titular, el M.Sc. Ing. Guillermo García Ovalle, por su paciencia y dedicación en mi formación académica. Y al Dr. Adán Pocasangre Collazos, por el tiempo dedicado a la revisión del informe y sus recomendaciones tan importantes.

Al laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de ERIS, en especial, a su director, el M.Sc. Ing. Senón Much Santos, por otorgarme toda su confianza, y permitirme una disponibilidad total del laboratorio para el desarrollo de los análisis de muestras realizados, inclusive durante los fines de semana. El agradecimiento es extensivo al señor Moisés Dubón, a quien le debo la confiabilidad en los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas.

A la licenciada Dora María Cardoza, bibliotecóloga a cargo de la biblioteca especializada de ERIS, por la confianza y facilidad concedida en el uso de la literatura utilizada; y el ánimo brindado para alcanzar la meta.

A TODOS MIL GRACIAS, Y QUE DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
GLOSARIO	VI
SIMBOLOGÍA	IX
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
OBJETIVOS	XIV
OBJETIVO GENERAL	XIV
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XIV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XV
HIPÓTESIS	XV
JUSTIFICACIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. ALCANCES Y LIMITACIONES	1
3. MARCO TEÓRICO	2
3.1 Diagrama de flujo general de faenado de cerdos en rastros.....	2
3.2 Tratamientos aplicados a las AR de rastros porcinos.....	2
3.3 Reuso de las aguas residuales tratadas.....	10
3.3.1 Reuso de las aguas residuales tratadas en agricultura	11
3.3.2 Reuso de las aguas residuales tratadas en forestaría....	13
3.3.3 Reuso de las aguas residuales tratadas en acuicultura.....	13
3.3.4 Reuso de las aguas residuales tratadas en recreación.....	15
3.3.5 Reuso de las aguas residuales tratadas para la fabricación de concreto.....	17
3.4 Apuntes sobre el marco regulatorio vigente.....	19
4. GENERALIDADES DEL RASTRO DE PORCINOS –CECARSA- UBICADO EN ZONA 17, CIUDAD GUATEMALA	24
4.1 Etapas del proceso de producción	24
4.2 Abastecimiento de agua potable.....	28

4.3 Sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales.....	28
4.4 Consumos de agua en el Centro de Carnes S.A.....	30
5. METODOLOGÍA	
5.1 Procedimiento.....	32
5.2 Tipo de muestras.....	32
5.3 Cantidad representativa de muestras.....	33
5.4 Análisis de laboratorio.....	33
5.5 Consideraciones finales de la metodología aplicada.....	35
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	35
7. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	39
7.1 Descripción de la propuesta y sus componentes.....	39
7.2 Propuesta de pretratamiento.....	40
7.3 Propuesta de tratamiento primario.....	41
7.4 Propuesta de tratamiento secundario.....	42
7.5 Propuesta de tratamiento terciario y recirculación interna.....	42
7.6 Costos constructivos.....	44
7.7 Estimación de costos operativos.....	44
8. RESULTADOS ESPERADOS.....	45
8.1 Condiciones esperadas en el efluente de la PTAR.....	45
8.2 Objetivos de reducción de CECARSA según Decreto 236-2006.....	46
8.3 Producción de biogás.....	47
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS.....	53
I Plano de ubicación de los puntos de muestreo.....	54
II Resultados parciales del análisis del laboratorio.....	55
III Plano. Trampa de grasas.....	57
IV Plano de detalles de caja unificadora de caudales.....	58

V	Plano de caja p/ toma de muestras, aforos y rejillas.....	59
VI	Plano tanque homogenizador-sedimentador.....	60
VII	Memoria de cálculo del tanque homogenizador-sedimentador.....	61
VIII	Plano. Reactor anaerobio de flujo ascendente.....	62
IX	Memoria de cálculo de evaluación del UASB.....	63
X	Hipoclorador. Tratamiento terciario	64
XI	Presupuesto de construcción.....	67
XII	Memoria de cálculo para la producción de biogás.....	68
XIII	Formularios utilizados en el estudio.....	69
XIV	Estudio técnico requerido en AG 236-2006.....	72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama de flujo de faenado de cerdos	3
2	Esquema de depósito de sedimentación horizontal	7
3	Esquema de depósito de sedimentación vertical	8
4	Proceso de degollado y desangrado	25
5	Lavado previo al traslado hacia el tanque de escaldado	26
6	Tanque de escaldado y depilación	26
7	Esquema general del proceso de faenado	27
8	Plano general de la ubicación del rastro	29
9	Medidor para pH y temperatura	35
10	Esquema general del sistema de tratamiento propuesto	44
11	Plano de ubicación de los puntos de muestreo	54
12	Trampa de grasas	57
13	Caja unificadora de caudales	58
14	Caja para toma de muestras, aforos y rejillas	59
15	Tanque homogenizador-sedimentador	60
16	Memoria de cálculo. Tanque homogenizador-sedimentador	61
17	Plano del RAFA	62
18	Hipoclorador	64
19	Presupuesto para la construcción de la PTAR	67
20	Memoria de cálculo de la producción de biogás	68

TABLAS

I	Eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento utilizados en la industria procesadora de carne	9
II	Algunas opciones de tratamientos convencionales	10
III	Criterios de aceptabilidad de peces según el grado de contaminación	14
IV	Calidad requerida en el agua para el cultivo de tilapia	15
V	Resumen. Normas de calidad para vertido de aguas residuales tratadas en República Dominicana	17
VI	Niveles tolerables de impurezas para la fabricación de concreto	18
VII	Límites sugeridos por la Asociación del Cemento Portland	19
VIII	Comparación de contenidos de la regulación C.A.	23
IX	Consumos de agua en CECARSA	30
X	Consumos de agua en recepción de cerdos	31
XI	Consumos de agua en degollado y desangrado	31
XII	Consumos de agua en escaldado y depilado	31
XIII	Consumos de agua en eviscerado y corte en canal	31
XIV	Mezcla de resultados Puntos # 1,2 y 3	36
XV	Mezcla de resultados Puntos # 2 y 3	36
XVI	Relación BQO/DBO5 de las aguas industriales	36
XVII	Objetivos de reducción del sistema de tratamiento	37
XVIII	Resumen de resultado de mezclas de caudales	38
XIX	Control de resultados en el cálculo de mezclas	38
XX	Aportes de caudal por cada punto de muestreo	40
XXI	Resumen costos operativos de la PTAR	45
XXII	Resumen de la caracterización de las aguas residuales del rastro	45
XXIII	Objetivos de reducción de CECARSA, Decreto 236-2006	46
XXIV	Resultados parciales puntos # 1 y 2	55
XXV	Resultados parciales punto #3	56
XXVI	Memoria de cálculo de evaluación del UASB	63

GLOSARIO

Afluyente	Corriente de aguas residuales que alimenta otro curso de agua que descarga en el alcantarillado público municipal o a un sistema para su tratamiento.
Aforo	Medir el caudal de un líquido.
Aguas residuales	Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
Aguas residuales de tipo especial	Aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.
Aguas residuales de tipo ordinario	Aguas residuales generadas por actividades domésticas tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lava trastos, lavado de ropa, y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.
Aireación	Proceso de transferencia de oxígeno al agua por medios naturales o artificiales.
Alcantarillado público	El conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para coleccionar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario y especial o combinación de ambas, que deben ser tratadas previamente a ser descargadas a un cuerpo receptor.

Bacterias aeróbicas	Organismos unicelulares y microscópicos que realizan todos sus procesos con la ayuda del oxígeno.
Bacterias anaeróbicas	Organismos unicelulares y microscópicos que sobreviven sin la presencia de oxígeno.
Biomasa	Masa de materia viva que se encuentra en un medio.
Caracterización de una muestra	La medición de los parámetros físicos, químicos y biológicos representativos de las aguas residuales en estudio.
Carga	Resultado de multiplicar el caudal por la concentración.
Caudal	Volumen de un fluido que pasa por una sección transversal en la unidad de tiempo.
Cuerpo receptor	Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y subterráneas, donde se descargan las aguas residuales.
Demanda bioquímica de oxígeno (dbos)	Medida indirecta de la materia orgánica presente en las aguas residuales, y que se determina por la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días a una temperatura de 20 °C.
Desinfección	Destrucción selectiva de organismos que producen enfermedades.
Efluente	Agua que sale de un medio de tratamiento, que ha sido sometida a operaciones y procesos.

Lodo	Parte semisólida de las aguas residuales que sedimenta y es atacada por bacterias.
Patógenos	Organismos causantes de enfermedades.
Tratamiento	Acción o conjunto de acciones que se ejecutan para remover sustancias contaminantes al agua.
Tratamiento primario	Remoción de sólidos suspendidos por medio de procedimientos físicos como: sedimentación, filtración, flotación, fluculación y precipitación.
Tratamiento secundario	Remoción de material coloidal y en suspensión por medio de procesos biológicos (a través de la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales).
Tratamiento terciario	Grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-químico-biológica adecuada, le da una calidad al agua de acuerdo con el reuso que se le pretenda dar a las aguas residuales (remoción de sólidos suspendidos, compuestos orgánicos, compuestos inorgánicos, nutrientes y microorganismos patógenos)

SIMBOLOGÍA

<u>Símbolo</u>	<u>Interpretación</u>
AR	Aguas residuales.
DBO ₅ (20 °C)	Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a temperatura constante de 20 ° Celsius.
DQO	Demanda química de oxígeno.
°C	Temperatura en grados Celsius.
kg/día	Kilogramos por día.
kg-O ₂ /d	Kilogramos de oxígeno disuelto por día.
kg-CO ₂ /d	Kilogramos de dióxido de carbono por día.
L/día	Litros por día.
L/s	Litros por segundo.
L/c	Litros por cerdo.
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo.
m ³ /día	Metros cúbicos por día.
mg/L	Miligramos por litro.

NMP CF/100 cm ³	Número más probable de coliformes fecales por cada 100 centímetros cúbicos.
pH	Potencial de hidrógeno.
ppm	Partes por millón.
PSI	Libras por pulgada cuadrada.
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales.
PVC	Cloruro de polivinilo.
RAFA	Reactor anaerobio de flujo ascendente. (En inglés: UASB).

RESUMEN

Las aguas residuales de origen industrial varían en función de la tecnología utilizada; aún cuando los fines de la producción sean similares.

La presente investigación se desarrolló con el fin de crear una propuesta de tratamiento y reuso de las aguas residuales generadas por el rastro haciendo uso, en la medida de lo posible, de la infraestructura en abandono para generación de biogás, existente en el lugar.

Uno de los propósitos de esta investigación fue conocer si el consumo de agua y los parámetros físico-químicos representativos de las aguas residuales generadas por el Centro de Carnes S.A. en zona 17, se pueden considerar típicos para este tipo de industria.

Como resultados de la investigación se proponen tecnologías de pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario, que ofrecen mejores resultados en esta aplicación. Para este fin en particular se han investigado a profundidad las condiciones más probables de entrada al sistema de tratamiento, establecidas mediante muestreos convenientes y análisis de laboratorio con base en normas y el análisis estadístico de resultados correspondiente.

Para el tratamiento de las aguas residuales generadas por el rastro de porcinos ubicado en la zona 17 de la ciudad Guatemala, el presente estudio de investigación propone lo siguiente:

- Unificar las tres aguas generadas; en el afluente hacia la PTAR. Las tres fuentes generadoras de aguas residuales dentro del rastro son: 1) Corrales, 2) Área de Producción, 3) Cuartos fríos y servicios sanitarios del personal. Para el caudal de cuartos fríos y servicios sanitarios del personal, se incluye la conversión de

un pozo de visita actual; en tanque de rebombeo hacia la caja unificadora de caudales.

- Un pretratamiento específico se aplicará al caudal parcial del área de producción. Se pondrá en servicio el tanque desengrasador de 15 m³, con pantalla triple y con alimentación y descarga con tubería PVC, C-160, 6" Ø.
- Luego de la unión de los tres caudales se dispondrá de una caja para toma de muestras, aforo y cribado de sólidos gruesos.
- El tratamiento primario consistirá en la reducción de sólidos totales mediante un tanque sedimentador homogenizador. Se aprovechará un tanque de concreto reforzado existente, el cual se encuentra totalmente enterrado, al que el afluente llegará por gravedad. El volumen útil total del tanque es de 18.8 m³, previéndose en la parte inferior un volumen de 13.8 m³ para la retención de lodos.
- Luego se aplicará un tratamiento secundario bombeando la totalidad del caudal de aguas residuales hacia la entrada inferior de un reactor anaerobio de flujo ascendente. (RAFA-UASB). El volumen del reactor existente se modificará apropiadamente para el caudal generado por el rastro de cerdos.
- Únicamente a un 30% del caudal total se le aplicará desinfección. El agua de reuso se llevará a un tanque de re bombeo y tendrá nuevamente aplicación en el lavado del piso de corrales, para la cual se deberá construir una red de distribución específica.
- El caudal restante será el efluente de la planta de tratamiento y, previo a conectarse al colector público municipal, ingresará a una caja para medición de caudales y toma de muestras finales.
- Los lodos primarios se extraerán luego de 18 días de retención en la cámara del sedimentador homogenizador, para su deshidratación durante 32 días en los patios de secado de lodos primarios.

INTRODUCCIÓN

En relación al manejo y el tratamiento de las AR, por tratarse de una industria que procesa alimento para humanos y dado el estricto control sanitario y cuidado que deberá tenerse con el producto cárnico, la Junta Directiva del rastro requiere que, en lo que respecta a la eliminación de las aguas residuales deberá considerarse el sistema más efectivo e inmediato de eliminación, desde los puntos de generación de las aguas residuales y de su tratamiento, hasta su disposición final en el alcantarillado público.

La selección del modelo y el diseño del sistema de tratamiento de las AR para el Centro de Carnes S.A. se deberá sugerir luego de un estudio formal de investigación que permita garantizar los resultados esperados, con base en la caracterización de las AR de entrada al sistema de tratamiento, analizando la oportunidad, la necesidad y el deseo de reutilizar las AR tratadas. Esto, según sus propiedades y características posteriores al tratamiento y la posible utilización de los componentes actualmente fuera de servicio, de la planta generadora de biogás, como elementos de infraestructura que permitan una reducción de costos de construcción del nuevo sistema de tratamiento. Las dimensiones físicas, costos constructivos y de operación del sistema que se propone, deberán ser los más favorables para el proyecto.

En su origen, las aguas residuales del Centro de Carnes S.A. son físicamente separadas en tres efluentes, según la etapa del proceso de producción que las genera. Por lo tanto, al ser de origen distinto los tres tipos de AR, disponen de características propias. Dentro del estudio se analiza si esta condición actual favorece para que sean realizados tratamientos individuales en cada uno de dichos efluentes.

Un aporte adicional del presente estudio consiste en poner a disposición de la República de Guatemala, información acerca de la caracterización de las aguas residuales generadas en rastros de cerdos, asociadas a operaciones o actividades

de proceso, comunes, admitidas en el medio, tales como el manejo de sangre y excretas de cerdo.

OBJETIVOS

GENERAL

Presentar al Centro de Carnes S.A. -CECARSA- una propuesta de los componentes del sistema de tratamiento de las aguas residuales; con el fin de cumplir con lo establecido en el Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. Acuerdo Gubernativo 236-2006 de fecha 5 de mayo de 2006.

ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las aguas residuales del Centro de Carnes S.A. por medio de la medición de sus parámetros más representativos, evaluando las condiciones de biodegradabilidad, de manera que la información contribuya a definir el sistema de tratamiento más conveniente.
2. Identificar las aplicaciones de reuso del efluente del sistema de tratamiento propuesto para el Centro de Carnes S.A.
3. Identificar oportunidades de reutilización interna de las aguas servidas, previamente tratadas, del Centro de Carnes S.A. con la finalidad de reducir el consumo de agua municipal y de pozo, y el caudal del efluente de aguas servidas hacia el alcantarillado municipal; lo que contribuirá al mejoramiento de la salud humana y del ambiente en general.
4. Comparar resultados de carga contaminante y consumos de agua del Centro de Carnes S.A. con los valores encontrados en otros estudios similares.
5. Estimar de forma preliminar, los costos constructivos y de operación del sistema de tratamiento propuesto para el Centro de Carnes S.A.

6. Evaluar la posibilidad de reutilización de ciertos componentes de la infraestructura que originalmente se construyeron para el tratamiento de aguas residuales y la generación de biogás, los cuales actualmente se encuentran fuera de servicio, con el fin de reducir los costos constructivos de la propuesta de tratamiento de las aguas residuales para el Centro de Carnes S.A.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Son las aguas residuales generadas por el Centro de Carnes S.A., típicas para este tipo de industria? ¿Genera la mezcla parcial y total de descargas de aguas residuales del rastro, condiciones favorables de biodegradabilidad, para la correcta especificación del tipo de tratamiento?

HIPÓTESIS

Las aguas residuales generadas por el Centro de Carnes S.A. son típicas para este tipo de industria lo que permite proponer un sistema de tratamiento estandarizado.

JUSTIFICACIÓN

Con el fin de cumplir con la regulación vigente en Guatemala acerca de las descargas de aguas residuales y de la disposición de lodos, es necesario investigar las características y los valores de los parámetros más representativos de las aguas residuales generadas por el Centro de Carnes S.A. El presente estudio de investigación evalúa y selecciona la alternativa de solución más apropiada para el tratamiento de las aguas residuales, en función de dichos parámetros, tomando en cuenta los detalles y características de las actividades dentro del proceso de producción, así como la existencia de diversas fuentes generadoras de aguas residuales, y que según su origen debieron ser caracterizadas individualmente. Asimismo, con el fin de optimizar el uso del agua, se estudian las oportunidades para reuso y recirculación interna luego de su tratamiento.

1. ANTECEDENTES

La edificación de CECARSA cuenta internamente con una red de alcantarillado sanitario, cuya configuración permite la conducción de tres diferentes tipos de aguas residuales, las cuales en su recorrido finalmente se mezclan en la tubería del alcantarillado municipal, sin ningún tipo de tratamiento previo.

Dentro del predio del rastro existen todos los componentes necesarios para la generación de biogás, como parte del aprovechamiento que en algún momento se le pretendió dar a las aguas residuales del rastro y de algunas instituciones y empresas vecinas. Su diseño y dimensionamiento consideró como parte de las descargas por aprovechar, las aguas residuales provenientes del edificio del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad –INTECAP– que se encuentran a un costado y de otra empresa cercana, todo lo cual, por circunstancias diversas no se logró conectar. Actualmente este sistema y la totalidad de sus componentes se encuentran fuera de operación.

Debido a la topografía relativamente plana del terreno donde se ubica el rastro, para el manejo de las aguas residuales y su tratamiento, requiere la utilización de equipos de bombeo, con el consiguiente consumo de energía que incrementa los costos de la operación en general y convierten el tratamiento de las aguas residuales en un proceso con costos operativos elevados.

2. ALCANCES Y LIMITACIONES

El estudio determina la forma más adecuada de tratamiento de las AR con base en las condiciones del lugar y atendiendo prioritariamente los requerimientos de las autoridades del rastro. Se menciona la oportunidad de reuso, según los parámetros esperados en el efluente de la PTAR propuesta. Lo anterior exige en orden prioritario las siguientes consideraciones:

1. Reconocimiento preciso de los resultados del análisis de riesgo en el reuso de las AR.
2. Voluntad de optimizar la operación de la PTAR para minimizar los riesgos y asumir el compromiso de reuso de AR tratadas.
3. Evaluación periódica constante de los parámetros de contaminación más representativos en el efluente de la PTAR, con el objeto de validar periódicamente su reuso.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Diagrama de flujo general de faenado de cerdos en rastros

La descripción y el detalle de cada una de las actividades del faenado en rastros escapa a los fines del presente estudio; pero es posible ampliar información al respecto si se consulta la bibliografía.² La figura 1 ilustra genéricamente el diagrama de flujo de faenado de cerdos.

3.2 Tratamientos aplicados a las AR de rastros porcinos

En este sentido, las exigencias de los países en desarrollo difieren en la medida en que existan sistemas de alcantarillado público. Así, se producen diversos grados de tratamiento según las condiciones disponibles. Los niveles de tratamiento que se pueden emplear se clasifican en cuatro categorías, a saber: **Pre-tratamiento**: acondiciona las aguas y evita la interferencia de arenas y grasas principalmente en los tratamientos posteriores. **Tratamiento primario**: reduce los sólidos de distinto tipo y, en algunos casos, realiza cierto tratamiento biológico. **Tratamiento secundario**: favorece la digestión y consiguiente estabilización de los lodos. Éste puede ser de tipo anaerobio o aeróbico. Por último, según la aplicación o reuso de las aguas en la salida del tratamiento secundario, se elige y aplica un **tratamiento terciario** o de pulimiento.

² Fuente: Signorini Pochietto, Marcelo. D.F. Méx. Julio 2006. Evaluación de riesgos de los rastros municipales. Pág. 20

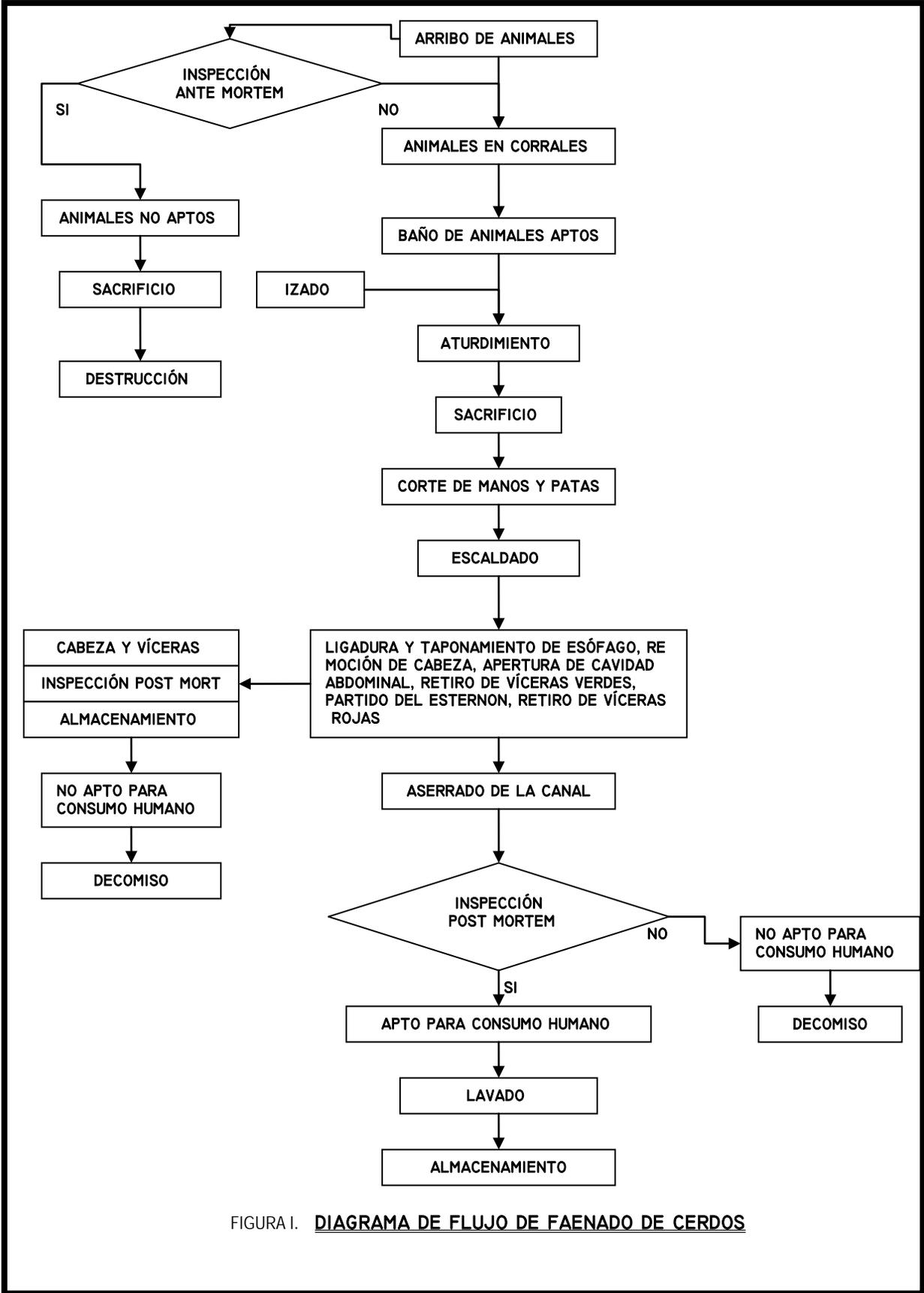


FIGURA I. DIAGRAMA DE FLUJO DE FAENADO DE CERDOS

Una planta de tratamiento para afluentes de mataderos requiere ser diseñada para remover altos niveles de contaminantes con parámetros representativos tales como: DBO₅ y DQO, grasas y aceites, sólidos suspendidos y microorganismos patógenos, entre otros. Así mismo, la planta de tratamiento debe contar con una red para la recolección de aguas residuales formada por:

- Drenajes
- Desagües de los corrales y del estiércol de las tripas
- Desagües de las áreas de la matanza, los subproductos y su tratamiento
- Desagüe de los residuos domésticos
- Desagüe de las aguas caldeadas y de las zonas de venta, aparcamiento y servicio

Es recomendable que todas estas corrientes se unan en depósitos equilibradores o ecualizadores de las corrientes antes de pasar al sistema de tratamiento especializado. Estos depósitos evitan que las plantas de tratamiento tengan una dimensión excesiva para ocuparse de las corrientes máximas, ya que regular las diversas corrientes diurnas permite que el procedimiento de tratamiento en la planta se conciba para corrientes medias.

El primer paso antes de elegir el diseño de un sistema de tratamiento es la caracterización de las aguas residuales, para determinar el grado de contaminación o carga orgánica que contienen; así como el suelo donde se podría ubicar ese sistema. De esta información dependerá el tipo de tratamiento y el tamaño de las unidades.

A continuación, se describen los procesos de tratamientos que pueden utilizarse para mataderos:

Pretratamiento

Se inicia preventivamente en las operaciones de orden y limpieza en la planta de proceso. A esto le sigue el tamizado para la eliminación de los sólidos pesados y sedimentables, trampas de grasa y depósitos de desespumación para la eliminación de los sólidos finos y las grasas y aceites.

En el pretratamiento de las aguas residuales de la industria de la carne se utiliza invariablemente el paso por una rejilla para excluir de las aguas de desecho, restos de carne, huesos, pieles y otros sólidos gruesos. La función de las rejillas es sumamente importante ya que eliminan condiciones perjudiciales tales como bloqueos en bombas y tuberías, además, mejoran la eficiencia de los procedimientos de tratamiento.

Las rejillas son dispositivos con aberturas de tamaño uniforme, donde quedan retenidas las partículas gruesas del afluente. El paso libre entre barras, se recomienda sea de 40 a 100 mm para sólidos gruesos y de 10 a 20 mm para sólidos finos. Los principales parámetros de diseño son: tipo de residuo por atrapar, flujo de descarga, paso libre entre barras, volumen de sólidos retenidos y pérdidas de carga. La elección del sistema de limpieza de las rejillas se debe efectuar en función de la importancia de la planta de tratamiento, de la naturaleza de vertido por tratar y, por supuesto, de las disponibilidades económicas.

Sin embargo, estas rejillas tienen escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno, las grasas y los aceites o los sólidos en suspensión.

Además de las rejillas, se tiene como un elemento importante en el tratamiento preliminar de aguas residuales de mataderos, el sistema de TRAMPA DE GRASAS. Las altas concentraciones de grasas que se dan en las aguas residuales de la industria de la carne se deben reducir antes de pasar por la criba, para evitar el bloqueo de tuberías, desagües y otros equipos.

La trampa de grasas consiste en un estanque rectangular, en el que la sustancia grasa es empujada a la superficie y atrapada por una pantalla. Los principales parámetros de diseño son: tiempo de retención hidráulico, caudal pico, profundidad y cantidad de grasa por retener.

Las grasas pueden causar problemas en las cámaras de sedimentación, cuya acumulación puede bloquear el filtro, provocar un posterior estancamiento y generar mal olor. La eliminación de grasa a través de trampas puede darse hasta en un 90%.

Tratamiento primario

Consiste en la remoción de una cantidad importante de sólidos suspendidos y sedimentables contenidos en las aguas residuales, mediante procesos físicos y/o químicos.

Procesos físicos

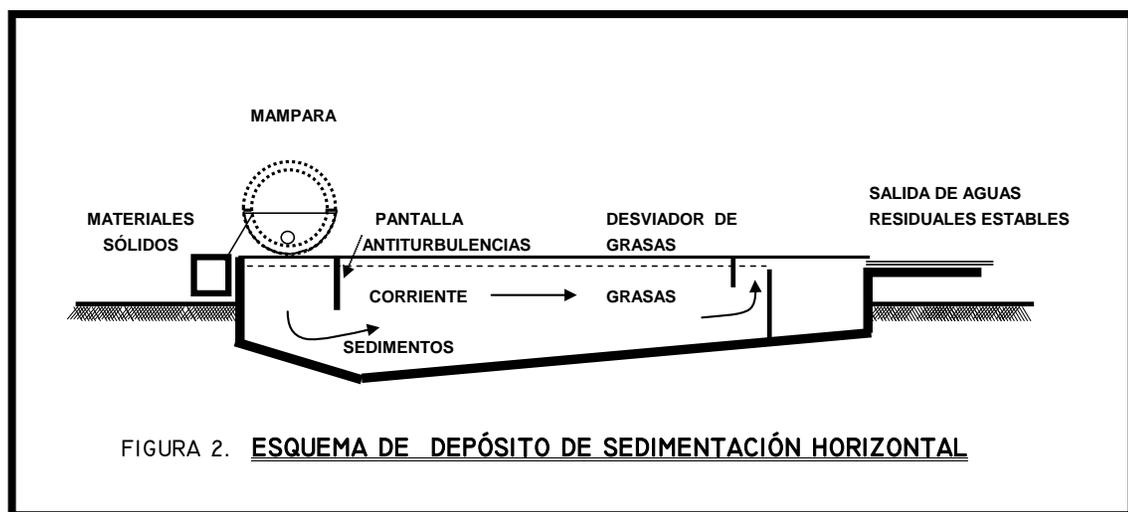
- Estanque homogenizador: requiere de un estanque aireador con una capacidad aproximada de 60% del flujo diario, donde caudales punta, pH y temperaturas son homogenizados y resulta un efluente de características uniformes. El volumen del estanque de homogenización se calcula usando el diagrama de masa. Adicionalmente a su función principal, éste contribuye a suavizar variaciones de flujo y a la dilución de DBO₅ en corrientes individuales.
- Fosa séptica y tanques sépticos. Son unidades rectangulares que ayudan a eliminar los sólidos suspendidos y las grasas que se encuentran en un efluente. En estas unidades, el agua residual se lleva a condiciones de reposo, lo que contribuye a que haya una sedimentación de sólidos aceptable; esto permite la debida digestión por microorganismos anaerobios especializados. Se requiere que estos microorganismos permanezcan durante algún tiempo en el interior de la fosa. Luego de un tiempo razonable, la fosa se deberá limpiar, sin eliminar el lodo del fondo, para permitir la generación posterior de la masa bacterial. Los principales parámetros de diseño son: caudal de diseño, volumen destinado para el almacenamiento de lodos y profundidad.
- Flotación. La flotación por aire disuelto es el procedimiento de flotación más común y se utiliza principalmente para el tratamiento primario de aguas residuales de los mataderos. El aire se disuelve en el agua residual bajo presión (3-4 m³/hora por m³ de depósito) y posteriormente se transforma en micro burbujas (de 50 a 200 mm de diámetro) a presión atmosférica. La flotación por aire disuelto facilita la recuperación de sebos, aceites y grasas, sólidos suspendidos y la demanda bioquímica de oxígeno, entre el 30% y 60% de sólidos suspendidos y entre el 50% y 80% de los sebos, los aceites y las grasas.

La eficiencia puede incrementarse agregando floculantes químicos (aluminio, sales de hierro, etc.). El lodo de la flotación tiene un alto contenido de proteínas y grasas y se puede usar para alimento de animales, después de pasteurizarlo o ser procesado en una planta recuperadora. En este caso, se hace un uso combinado de procesos físicos y químicos.

Procesos químicos

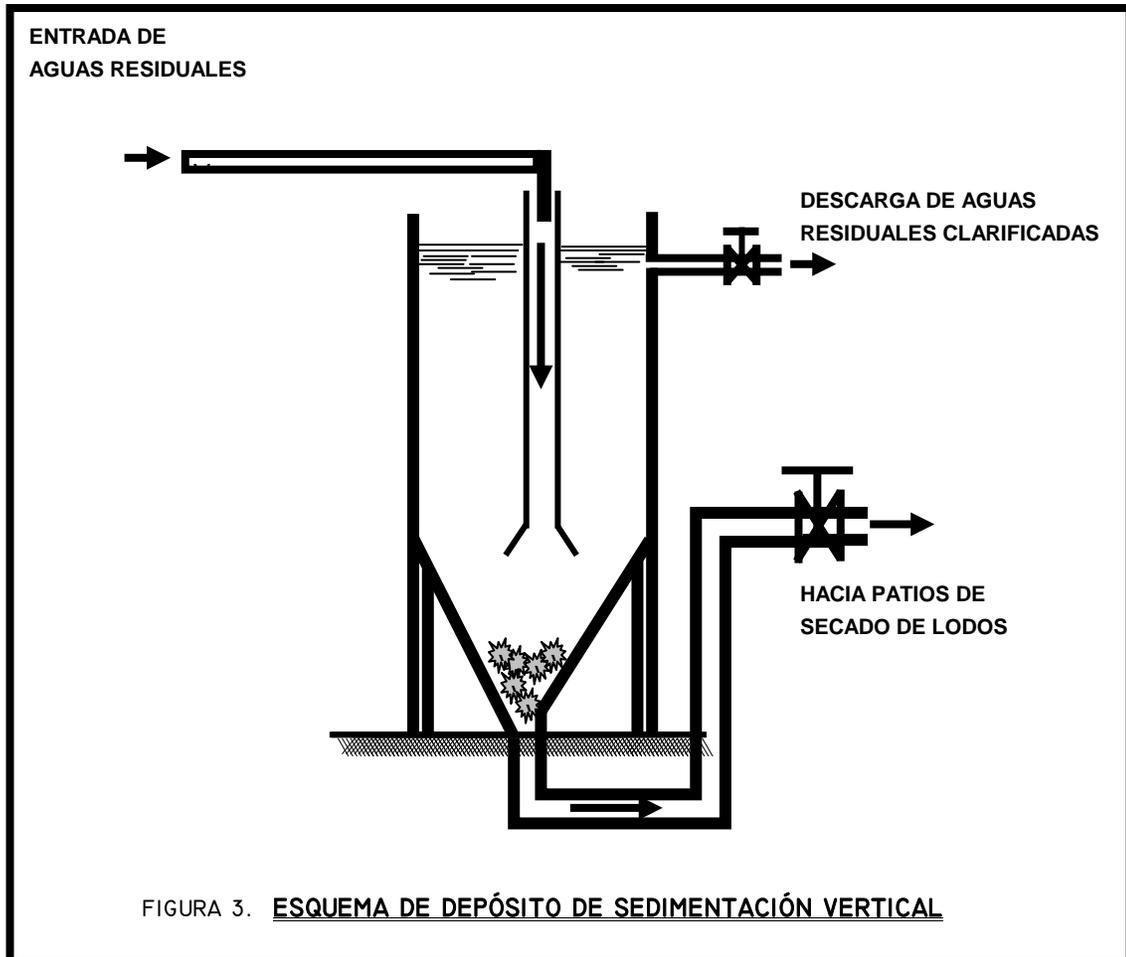
Los procesos químicos de tratamiento primario se realizan mediante la incorporación de coagulantes y agentes de floculación para facilitar la sedimentación de los sólidos en suspensión del resto del efluente con niveles reducidos de demanda bioquímica de oxígeno. En el caso de los mataderos es necesario facilitar la sedimentación primaria ya que es muy probable que los efluentes pasen posteriormente por filtros. Esta sedimentación puede darse en dos tipos de depósitos.

- Depósitos de sedimentación de corriente horizontal: son necesarios para las cargas pesadas y sus dimensiones deben permitir un período de retención de seis horas.



- Depósitos cilíndricos de sedimentación vertical: son sedimentadores primarios más eficientes y eficaces en función de los costos para los mataderos de tamaño mediano. En este caso el requisito fundamental es que se produzca cierto grado de turbulencia en la entrada, para lograr la

mezcla e impulsar la floculación. Las turbulencias deben evitarse en los demás lugares.



Tratamiento secundario

Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos remanentes y de los sólidos orgánicos disueltos, medida como una reducción en la DBO₅ del efluente.

Seleccionar un sistema de tratamiento secundario dependerá de un gran número de factores, entre ellos: requerimiento del efluente (estándares de descarga), sistema de pretatamiento utilizado, disponibilidad de terreno, regulaciones ambientales locales y factibilidad económica de una planta de proceso.

- Tratamiento anaerobio: este tipo de tratamiento requiere poco espacio, tiene bajo costo de operación, baja producción de lodos y produce energía neta en forma de biogás (que se puede comercializar o reutilizar en el proceso productivo). Entre las unidades de tratamiento anaerobio están: lagunas o pilas facultativas y de maduración y reactores UASB, filtros anaerobios CSTR, etc.
- Tratamiento aeróbico: todos los métodos de tratamiento aeróbico son aplicables a los efluentes de rastros y mataderos: lagunas aireadas, lodos activados, filtros de goteo, etc.

A continuación se presentan los porcentajes de remoción esperados mediante las experiencias en diferentes sistemas de tratamiento para las industrias procesadoras de la carne.³

SISTEMA DE TRATAMIENTO	DENOMINACIÓN COMÚN	DBO5 %	DQO %	SST %	ACEITES Y GRASA (%)
MECÁNICO	FILTRACIÓN	5-15	5-15	25-40	5-10
MECÁNICO + FÍSICO	FLOTACIÓN DE ACEITES	30-45	30-45	80-85	>90
MECÁNICO + FÍSICOQUÍMICO	FLOCULACIÓN / FLOTACIÓN	70-80	70-80	90-95	>95
MECÁNICO + FÍSICO + BIOLÓGICO	BIOLÓGICO	95-99	>90	>95	>95
MECÁNICO + FÍSICO QUÍMICO + BIOLÓGICO	BIOLÓGICO	95-99	>90	>95	>95

TABLA I. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA PROCESADORA DE CARNE

En la siguiente tabla se presentan los tipos de tratamiento más comunes y la infraestructura de aplicación necesaria de disponer:

³ Fuente: PROARCA/SIGMA, Manual de buenas prácticas para mataderos, C.A. 1994. Pág. 65

TRATAMIENTOS CONVENCIONALES PARA AGUAS RESIDUALES CLASIFICADOS POR NIVEL			
PRETRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS PRIMARIOS	TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	TRATAMIENTOS TERCIARIOS
CANAL DE REJAS	FOSA SÉPTICA	DE MICROORGANISMOS FIJOS:	DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS:
DESARENADOR	TANQUE INHOFF	FILTRO ANAEROBIO	MICRO CRIBADO
TRAMPA DE GRASAS	SEDIMENTADORES PRIMARIOS	REACTOR TUBULAR DE PELÍCULA FIJA	COAGULACIÓN FLOCULACIÓN
		FILTROS PERCOLADORES	FILTROS CON DIATOMEAS
	COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN	BIODISCOS (FILTROS ROTATIVOS)	DE REMOCIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS:
		DE MICROORGANISMOS SUSPENDIDOS:	ADSORCIÓN
		LAGUNAS ANAEROBIAS	OXIDACIÓN QUÍMICA
		LAGUNAS AEROBIAS	DE REMOCIÓN DE COMPUESTOS INORGÁNICOS:
		LAGUNAS FACULTATIVAS	ELECTRODIÁLISIS
		LAGUNAS AEREADAS	INTERCAMBIO IÓNICO
		LODOS ACTIVADOS	ÓSMOSIS INVERSA
		ZANJAS DE OXIDACIÓN	PRECIPITACIÓN QUÍMICA
		REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE	DE REMOCIÓN DE NITRÓGENO:
			NITRIFICACIÓN - DESNITRIFICACIÓN
			DESGASIFICACIÓN
			CLORACIÓN
			INTERCAMBIO IÓNICO
			DE REMOCIÓN DE MICROORGANISMOS:
			CLORACIÓN
			OZONIZACIÓN
			IONIZACIÓN
			RAYOS ULTRAVIOLETA
			LAGUNAS DE MADURACIÓN

TABLA 2. ALGUNAS OPCIONES DE RATAMIENTOS CONVENCIONALES

3.3 Reuso de las aguas residuales tratadas

El objetivo más importante al respecto es la transformación de un problema inicial en un recurso. El principio que aplica en la selección del modelo es el reconocimiento del destino final del efluente o del reuso que se le pretenda dar al agua. La optimización del uso del agua mediante el reuso se relaciona con el ámbito agrícola y forestal; de la producción pecuaria, la industria de la

construcción y la fabricación de concreto; con entornos recreacionales y algunos otros que con toda seguridad surgirán en el futuro, dadas las limitaciones actuales de abastecimiento de agua.

El presente estudio no se extiende más allá del lugar donde se generan las AR; por lo tanto se restringe al área del rastro. Debe recordarse que la elección del sistema de tratamiento terciario generará variaciones significativas en la caracterización del efluente, lo cual facilitará o limitará su reuso.

Considerando la ubicación física del Centro de Carnes S.A, zona 17, por razones prácticas, las AR tratadas deben ser evacuadas en el alcantarillado público. Una aplicación distinta al reuso es la recirculación interna de las aguas residuales tratadas y constituye un riesgo cuando se trata de mantener condiciones inocuas en una industria productora de alimentos, por lo que su aplicación se torna sumamente delicada.

Para los fines del presente estudio, el tema del reuso servirá para la identificación de oportunidades y la posible definición del tratamiento terciario.

3.3.1 Reuso de las aguas residuales tratadas en agricultura

Las principales ventajas son: la disponibilidad permanente de agua, incremento en la producción como resultado de un aporte rico en nutrientes orgánicos e inorgánicos y mejoramiento de los suelos. Según estudios de la Organización Panamericana de la Salud –OPS– y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias –CEPIS–, los aportes que generan los efluentes de las lagunas de estabilización en nutrientes inorgánicos tales como nitrógeno (N) y fósforo (P) en una carga de riego del orden de los 20 000 m³/ha/año oscilan entre los 15 mg/L de N, y 3 mg/L de P. Lo anterior genera tasas de aplicación del orden de los 300 kg/ha de N, y 60 kg/ha de P. Lo anterior aplica a los cultivos de frijol, maíz, col y brócoli. Estudios en cultivos de ajo, comparando riego con aguas limpias de pozo contra aguas residuales, demuestran un incremento del 10% en peso del producto seco, 5% de mayor diámetro de los bulbos, ajos con menor número de

deformaciones, mayor acumulación de cinc (Zn) en el suelo, causa posible del mayor rendimiento. Según estudios llevados a cabo en el Perú, se han medido en toneladas métricas por hectárea, un incremento en el uso de aguas negras en vez de agua limpia, para el maíz de dos a cinco Tm/ha, para el trigo de dos a tres Tm/ha, para el tomate de 18 a 35 Tm/ha.

Algunas condiciones de riego contribuyen a mejorar el rendimiento. Entre las más relevantes se encuentran los requerimientos de cantidad de agua, la calidad de la misma, el sistema de irrigación utilizado, el método de riego, y la capacidad de drenaje entre otros.

Existen restricciones en el reuso de las aguas residuales en agricultura. Las más importantes son la contaminación microbiológica, la bioacumulación de elementos tóxicos, la salinización del suelo (compuestos nitrogenados, cloro (Cl), sodio (Na) y potasio (K) entre otros; en ciertas concentraciones generan entre otros problemas, variaciones del pH y la reducción de capacidad de percolación del agua en el terreno y un desbalance de los nutrientes.

Cuando se considere la posibilidad del reuso en riego, deberán evaluarse específicamente en el agua y en el suelo por cultivar, la concentración total de sales disueltas, la conductividad eléctrica, la tasa de absorción de sodio, la presencia de trazas de metales pesados y el pH. Así también, según cada cultivo por cosechar se revisará la calidad sanitaria requerida del agua y si el riego para este tipo de cultivo es irrestricto. Considerar la salinidad encontrada en las pruebas, si el cultivo es sensitivo, semitolerante o tolerante, y si los niveles de sodio, cloruros, boro y nitrógeno no resultan excesivos.

El boro presente en los detergentes sintéticos resulta tóxico para las plantas, principalmente los cítricos, por lo que deberá tenerse especial cuidado con dicho elemento al realizar el análisis de reuso del efluente.

Las prácticas de manejo de las aguas residuales para reuso en riegos agrícolas se considerarán siempre de tipo especial. Se tendrá como

propósitos que acompañan el incremento de la producción agrícola, la conservación del suelo, la protección de la calidad de los productos y la protección de la salud de los agricultores.

El criterio más importante en el reuso de las aguas residuales en agricultura no es la remoción de DBO_5 , sino la reducción sustancial de agentes patógenos en el agua. Este concepto habrá de servir para definir los diseños de tratamiento, así como para el reconocimiento de los sistemas de tratamiento existentes, y si son viables en el reuso de los efluentes en el área agrícola.

3.3.2 El reuso de las aguas residuales tratadas en forestaría

Existen ciertas ventajas en relación con el reuso agrícola, tales como menor caudal por unidad de área; es necesaria una menor calidad de agua en relación al aspecto bacteriológico y finalmente, los costos del tratamiento son más bajos. Otras ventajas relacionadas con el producto final versus riego con aguas limpias que se pueden anotar son el incremento sustancial de fibras en la madera y del grosor y la altura de los árboles maderables, en especies de pino, eucaliptos y especies mixtas. Es necesario disponer de una clasificación, según el objetivo del recurso forestal y en función de éste anticipar el aprovechamiento del recurso. Éste puede ser para uso en franjas perimetrales y cercos vivos, viveros forestales, producción de madera y derivados, entornos ecológicos y para la protección de laderas.

En relación con los entornos ecológicos, una hectárea de bosque produce aproximadamente $600 \text{ kg-O}_2/\text{d}$, absorbe $1,000 \text{ kg/ CO}_2/\text{d}$ y es capaz de retener aproximadamente 30 toneladas métricas de partículas por año.

3.3.3 Reuso de las aguas residuales tratadas en acuicultura

En la acuicultura deben diferenciarse los sistemas de descarga directa, sin tratamiento, para cultivo de peces, las que descargan en cuerpos

receptores tales como ríos y mares; y las aguas de reuso provenientes de sistemas de tratamiento, o efluentes de las PTAR.

Existen algunos sistemas de lagunas de estabilización que en el tratamiento secundario incluyen el cultivo de peces; acción con la cual propician la propagación de plantas clorofíceas, reducciones asociadas de DBO₅ del orden del 38%, fijación de nitrógeno y fósforo asociado, de un 27% y 3% respectivamente, así como reducción significativa en el conteo de coliformes fecales.

Buras (1967), propuso una escala de clasificación del pez por categorías, según el conteo de bacterias presentes en los músculos. Ver el siguiente cuadro:⁴

CLASIFICACIÓN DE ACEPTABILIDAD PARA PECES SEGUN CONTENIDO DE BACTERIAS	
CATEGORÍA	CONTEO DE BACTERIAS EN MÚSCULO (BACTERIAS/GRAMO)
MUY BUENO	0-10
ACEPTABLE	10-50
RECHAZABLE	>50

TABLA 3. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE PECES SEGÚN EL GRADO DE CONTAMINACIÓN

En el cultivo de tilapia se han realizado estudios que recomiendan el reuso de las aguas residuales solamente si se aprovecha el efluente de la segunda laguna, con remoción total de parásitos y reducción a un nivel máximo de coliformes fecales igual a 10⁵/100 ml.

En 1992 el CEPIS elaboró el siguiente requerimiento de calidad en el agua residual tratada, para el cultivo de tilapia.

<p>REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS, PARA EL CULTIVO DE TILAPIA</p>
--

⁴ Fuente: Buras. 1967

PARÁMETRO	MAGNITUD
TEMPERATURA MÍNIMA	17 °C
OXÍGENO DISUELTO	2.00 mg/L
DBO5 TOTAL MÁXIMO	60.0 mg/L
FOSFORO MÁXIMO	5.00 mg/L
NITRÓGENO MÁXIMO	15.00 mg/L
AMONIO MÁXIMO	0.50 mg/L
NITRITOS MÁXIMO	0.50 mg/L
COLIFORMES FECALES MÁXIMO	100 000/100 mg/L

TABLA 4. **CALIDAD REQUERIDA PARA EL CULTIVO DE TILAPIA**

Los controles sanitarios en el reuso de las aguas residuales en acuicultura consideran la evaluación de parámetros tales como coliformes fecales y totales, bacterias viables totales, bacteriófagos de E. coli, salmonella, clostridium sulfito reductor, parásitos, polio, hepatitis, metales pesados (Cd, Pb, Cr, Hg) y presencia de plaguicidas.

3.3.4 Reuso de las aguas residuales tratadas en recreación

En este aspecto se hace una clasificación entre las actividades que requieren o no contacto directo con el agua. En los del primer grupo se mencionan la natación, el kayakismo, canotaje, navegación a vela, pesca, botes de motor o de remos, balnearios y playas. El segundo grupo, incluye fotografía, caminatas, y acampado entre otros. Algunas regulaciones vigentes, tal es el caso de la Norma de Aguas Residuales de la República Dominicana, país donde es importante la recreación en playa, ordena sus aguas en clase A, B, C, D, E, F, y G. Para uso público: A, preservación de fauna y flora: B, transporte fluvial sin interacción con el medio ambiente: C, preservación natural: D, manglares: E, zonas deportivas: F; y actividades portuarias navieras: G. En función de lo anterior, y sub clasificando las aguas según su ubicación, en superficiales o costeras, dicha norma establece las magnitudes permisibles en parámetros varios; metales presentes, radioactividad, plaguicidas y sustancias orgánicas. Como referencia ver el siguiente cuadro.

**NORMAS DE CALIDAD PARA EL VERTIDO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS
EN LA REPÚBLICA DOMINICANA, SEGÚN EL REUSO**

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS COSTERAS		
		CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE E	CLASE F	CLASE G
PARÁMETROS VARIOS							
GRASAS Y ACEITES	mg/L	AUSENTE	1.0	20.0	1.0	1.0	1.0
COLOR	U.PT.Co	15	50	200	CONDICIONES NATURALES		--
TEMPERATURA	°C	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
PH	-	6.5-8.5	6.5-9.0	5.0-10.0	7.5-8.5	7.5-8.5	--
AGENTES TENSOACTIVOS	mg/L	0.15	0.50	2.00			
SÓLIDOS FLOTANTES	-	AUSENTE	AUSENTE	--	--	--	--
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/L	1000	1000	5000			
DBO5	mg/L	2	5	100			
OXÍGENO DISUELTTO	% SAT.	>80	>70	>50	360	350	345
COLIFORMES FECALES	NMP	400	1,000	4,000	400	2,000	2,000
COLIFORMES TOTALES	NMP	1,000	1,000	10,000	1,000	10,000	10,000
NO3-N + NO2-N	mg/L	10	10	--	15	20	--
NH3-N	mg/L	0.5	0.5	--	0.5	0.5	
FÓSFORO TOTAL	mg/L	0.025	0.025	0.10	--	--	--
P04-P	mg/L				0.4	0.4	
METALES							
ARSÉNICO	mg/L	0.05	0.05	1.00	0.15	0.15	--
BARIO	mg/L	1.00	200	10.00	1.0	1.0	
BORO	mg/L	0.50	0.50	5.00	5.0	5.0	--
CADMIO	mg/L	0.005	0.005	0.05	0.005	0.005	0.005
CIANURO	mg/L	0.10	0.10	0.50	0.02	0.02	
NIQUEL	mg/L	0.10	0.10	--	0.008	0.008	--
COBRE	mg/L	0.20	0.20	2.00	0.050	0.050	
CROMO TOTAL	mg/L	0.05	0.05	1.00	0.10	0.30	0.30
CROMO HEXAVALENTE	mg/L	0.01	0.01	0.10	0.05	0.1	0.10
FLUORUROS	mg/L	0.70	1.00	3.00	1.50	1.50	--
HIERRO	mg/L	0.30	0.30	3.00	0.30	0.30	
MANGANESO	mg/L	0.50	1.00	5.00	0.10	0.10	
MERCURIO	mg/L	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.005
PLOMO	mg/L	0.05	0.05	0.50	0.05	0.05	
COBALTO	mg/L	0.20	0.20	0.50	--	--	--
PLATA	mg/L	0.01	0.01	0.10	0.01	0.01	
SELENIO	mg/L	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	
SULFATOS	mg/L	400	400	5,000			
CLORUROS	mg/L	250	250	1,000	--	--	--
SULFUROS	mg/L	0.002	0.002	--	0.01	0.01	--
ZINC	mg/L	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	
RADIOACTIVIDAD							
ACTIVIDAD ∇	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	--
ACTIVIDAD ∃	Bq/L	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
BIOCIDAS							
(ÓRGANO-CLORADOS Y OTROS PERSISTENTES)							
ALDRÍN-DIELDRÍN	mg/L	0.0008	0.0008	--	0.0008	0.0008	--
CLORDANO	mg/L	0.004	0.004	--	0.005	0.005	--
DDT Y METABOLITOS	mg/L	0.0003	0.0003	--	0.0003	0.0003	--
ENDOSULFANO	mg/L	0.009	0.009	--	0.009	0.009	--
ENDRÍN	mg/L	0.002	0.002	--	0.002	0.002	--
HEPTACLORO	mg/L	0.001	0.001	--	0.001	0.001	--
LINDANO	mg/L	0.075	0.075	--	0.075	0.075	--
METOXICLORO	mg/L	0.020	0.020	--	0.020	0.020	--
MIREX	mg/L	0.001	0.001	--	0.001	0.001	--

PENTAFLUOROFENOL	mg/L	7.90	7.90	--	7.90	7.90	--
PERTANO	mg/L	0.07	0.07	--	0.07	0.07	--
TOXAFENO	mg/L	0.0002	0.0002	--	0.0002	0.0002	--
BIOCIDAS							
(ÓRGANO-FOSFORADOS, SULFUROS Y OTROS NO PERSISTENTES)							
AZINFOS-METIL	µg/L	0.01	0.01	--	0.01	0.01	--
CLORPYRIFOS	µg/L	0.04	0.04	--	0.006	0.006	--
COUMAFOS	µg/L	0.01	0.01	--	0.01	0.01	--
DIAZINON	µg/L	0.00002	0.00002	--	CN	CN	--
2,4 D	µg/L	4.0	4.0	--	CN	CN	--
PARAQUAT	µg/L	0.00001	0.00001	--	CN	CN	--
DICUAT	µg/L	0.0007	0.0007	--	CN	CN	--
DEMETON	µg/L	0.10	0.10	--	0.10	0.10	--
FENTIÓN	µg/L	0.40	0.40	--	0.40	0.40	--
MALATION	µg/L	0.10	0.10	--	0.10	0.10	--
NALED	µg/L	0.40	0.40	--	0.40	0.40	--
PARATIÓN	µg/L	0.01	0.01	--	CN	CN	--
2,4,5 - TP	µg/L	10.0	10.0	--	CN	CN	--
SUSTANCIAS ORGÁNICAS							
BENCENO	µg/L	5.0	5.0	--	400	400	--
CLORURO DE VINILO	µg/L	2.0	2.0	--	5,300	5,300	--
DICLOROBENCENOS	µg/L	75.0	75.0	--	2,600	2,600	--
1.1 DICLOROETANO	µg/L	5.0	5.0	--	2,500	2,500	--
1.2 DICLOROETILENO	µg/L	7.0	7.0	--	20.0	20.0	--
SUSTANCIAS FENÓLICAS	µg/L	1.0	1.0	--	10.0	10.0	--
TETRACLOROETILENO	µg/L	5.0	5.0	--	90.0	90.0	--
TETRACLORURO DE CARBONO	µg/L	5.0	5.0	--	70.0	70.0	--
1,1,1 TRICLOROETANO	µg/L	200.0	200.0	--	1,100	1,100	--
TRICLOROETILENO	µg/L	5.0	5.0	--	850	850	--

TABLA 5. **NORMAS DE CALIDAD PARA VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN REPÚBLICA DOMINICANA**

3.3.5 El reuso de las aguas residuales para fabricación de concreto

Se admite la fabricación de concreto con aguas residuales si los cubos de mortero producidos con ella alcanzan resistencia a los siete días, iguales a por lo menos el 90% de especímenes testigo fabricados con agua potable o destilada (Norma ASTM C109). Debe tomarse en consideración que las impurezas excesivas en el agua afectan el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto; además, serán causa de manchado, corrosión del refuerzo, inestabilidad volumétrica y durabilidad. La mayor parte de las aguas que llevan desperdicios industriales tienen menos de 4,000 ppm de sólidos totales. Cuando éstas se usan como aguas de mezclado para el

concreto, la reducción en la resistencia a la compresión generalmente no es mayor que del 10% al 15%. Las aguas negras típicas pueden tener aproximadamente 400 ppm de materia orgánica. Luego de que estas aguas se han diluido en un buen sistema de tratamiento, la concentración se reduce aproximadamente a 20 ppm o menos. Esta cantidad es demasiado pequeña para tener efecto de importancia en la resistencia.

Importa el efecto que las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales puedan tener en el tiempo de fraguado del cemento *portland* o en la resistencia última del concreto. Las aguas que estén muy coloreadas, las aguas con olor notable o aquéllas que contengan visiblemente algas verdes o cafés, deberán ser vistas con desconfianza y en consecuencia ensayadas. Los niveles tolerables de impurezas en el agua de mezcla para la fabricación de concreto se resumen en el siguiente cuadro:

IMPUREZAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA (PPM)	OBSERVACIONES
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	2,000	LIMO, ARCILLA, MATERIA ORGÁNICA
ALGAS	500-1,000	INCORPORACIÓN DE AIRE
CARBONATOS	1,000	DISMINUYEN LOS TIEMPOS DE FRAGUADO
BICARBONATOS	400-1,000	400 PPM P/BICARBONATOS DE SODIO Y CALCIO
SULFATO DE SODIO	10,000	PODRÍAN INCREMENTAR LA RESISTENCIA A EDAD TEMPRANA, PERO LUEGO REDUCIRLA EN EDAD POSTERIOR
SULFATO DE MAGNECIO	40,000	
CLORURO DE SODIO	20,000	DISMINUYE LOS TIEMPOS DE FRAGUA, INCREMENTA LA RESISTENCIA A EDAD TEMPRANA Y LA REDUCE A EDAD POSTERIOR
CLORURO DE CALCIO	50,000	
CLORURO DE MAGNESIO	40,000	
SALES DE HIERRO	40,000	
FOSFATOS, ARSENATOS, BORATOS	500	RETRASA LOS TIEMPOS DE FRAGUADO
SALES DE ZINC, COBRE, PLOMO, MANGANESO	500	

ACIDOS INORGÁNICOS	10,000	PH NO MENOR QUE 3.0
HIDRÓXIDO DE SODIO	500	
SULFITO DE SODIO	100	DEBERÍA PROBARSE EL CONCRETO
AZÚCAR	500	APECTA EL FRAGUADO

TABLA 6. NIVELES TOLERABLES DE IMPUREZAS EN EL AGUA PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO

Los límites sugeridos por la Asociación del Cemento Portland AASHO T-26 son los siguientes:

#	PARÁMETRO	UNIDADES	MAGNITUD
1	SULFATOS (SO ₄) MAX.	mg/L	500
2	CLORUROS (CL) MAX.	mg/L	100
3	MAGNESIO MAX.	mg/L	2,000
4	IONES DE BICARBONATO MÁX.	mg/L	400
5	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/L	700
6	SÓLIDOS INORGÁNICOS	mg/L	600
7	SÓLIDOS ORGÁNICOS	mg/L	100
8	TURBIEDAD MAX.	mg/L	2,000
9	PH	--	6,0 - 8,5

TABLA 7. LIMITES SUGERIDOS POR LA ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND AASHO T-26

3.4 Apuntes sobre el marco regulatorio vigente

Dentro de las condiciones higiénico sanitarias generales para el establecimiento, operación e inspección y clasificación de los rastros, el artículo 6 del Reglamento de Rastros para Bovinos, Porcinos y Aves, Acuerdo Gubernativo No. 411-2002, establece que deberán preverse 500 litros de agua por cada porcino a ser faenado. Las instalaciones deberán estar ubicadas en predios a no menos de dos mil quinientos metros de poblaciones, escuelas, hospitales u otras instalaciones públicas de servicio.

Entre los niveles y requisitos de control técnico de proceso para los rastros se pueden mencionar:

- Localización aislada de focos de contaminación y ubicación que no altere el medio ambiente ni a terceros.
- Cerca perimetral o área de protección sanitaria.

- Agua y disposición adecuada de los desechos sólidos. Presión entre 80 y 120 PSI para el agua de lavado.
- Corrales de llegada con área prevista de 1.0 m² por c/porcino, techados y con piso de concreto, con rugosidad antideslizante.
- Corrales de pre-sacrificio para baño previo.
- Corrales de observación y aislamiento.
- Área de lavado y desinfección de vehículo.
- Báscula de peso de animales en pie.
- Bebederos.
- Áreas para canales retenidas o en observación.
- Refrigeración con capacidad para el volumen de sacrificio.
- Área de necropsia
- Depósito para decomisos.

El agua de escaldado deberá mantener una temperatura entre 54 y 56 °C donde el cerdo deberá permanecer por un tiempo relativamente corto.

También deberán considerarse los parámetros y sus límites máximos permisibles establecidos para las descargas de las aguas residuales, según lo determina el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 sobre el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición Final de Lodos, publicado en el Diario de Centro América el 05 de mayo de 2006. Los parámetros a que se refiere dicho acuerdo son la temperatura de las descargas, contenido de grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos, nitrógeno total, fósforo total, pH, coliformes totales, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc y cloro, según las dimensionales establecidas en la publicación, para cada uno de los parámetros mencionados.

Dicho reglamento fue publicado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el jueves 11 de mayo de 2006 en el Diario de Centro América. Éste

inicia con cuatro considerandos, los cuales se refieren al desarrollo social ligado a la conservación del ambiente, al mejoramiento de la calidad de vida que propicia la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, a los niveles de contaminación que deben ser regulados para frenar la contaminación de los cuerpos de agua del país y a la sostenibilidad del recurso agua en apoyo a la certeza jurídica para la inversión y la generación de empleo respectivamente.

Lo anterior engloba responsabilidades de la sociedad civil, la administración pública y las municipalidades de la República de Guatemala. El reglamento se subdivide en 12 capítulos. El primero indica las disposiciones generales; el segundo contiene las definiciones; el tercero establece la elaboración del estudio técnico obligatorio y su contenido; el cuarto, la caracterización de las descargas; el quinto y sexto tratan los parámetros para las descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores y el alcantarillado público respectivamente. El séptimo se refiere a los parámetros para aguas de reuso; el octavo capítulo indica los parámetros para lodos; el noveno, el seguimiento y evaluación; el décimo, las prohibiciones y sanciones. El undécimo y el duodécimo se refieren a las disposiciones finales y transitorias respectivamente. El reglamento 236-2006 entró en vigencia el 12 de mayo de 2006. En el Capítulo III, ESTUDIO TÉCNICO, Artículos 5 y 6 se menciona la obligatoriedad de quienes descargan aguas residuales, de elaborar un estudio técnico con el propósito de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reuso y lodos, documentando con la información que ahí se indica. El estudio se deberá actualizar cada cinco años. El artículo 68 sobre el plazo para la elaboración del estudio establece que para todos los casos debió haberse completado el sábado 12 de mayo de 2007.

El Reglamento indica los parámetros que deben evaluarse, así como el modelo para una reducción gradual de la DBO_5 , según el rango donde la descarga se posicione en el inicio; además, establece metas para los diferentes rangos, para los años 2011, 2015, 2020 y 2024. También se incluyen los límites máximos permisibles de los parámetros indicados, en descargas de aguas

residuales en cuerpos receptores, esteros (caso particular), en el alcantarillado público, y características y modelo específico para descargas de tipo especial.

Acercas del reuso el reglamento señala una clasificación por tipo, de modo que el tipo I es para riego agrícola en general; el II, es para riego de cultivos comestibles; el tipo III, para acuicultura; el IV y V, para pastos y reuso en recreación, respectivamente. Además, establece los parámetros y límites que deberán respetarse para cada tipo de aguas para reuso. Las indicaciones acerca de lodos son similares a las de reuso de aguas.

En lo que respecta al seguimiento y evaluación de los estudios iniciales, los entes generadores deberán muestrear como mínimo dos veces por año, con el fin de actualizar o mantener vigente su información; y el criterio es según la cantidad de lodos generados por día y las horas o tiempo de descarga diaria.

Este reglamento deroga el anterior, denominado Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, de fecha 17 de febrero de 2005. Acuerdo gubernativo 66-2005.

En el contexto centroamericano, el reglamento 236-2006 se une a una serie de regulaciones que existen o estuvieron vigentes en la región. Con el fin de ilustrar su alcance, se presenta el siguiente cuadro comparativo.

<p align="center">ANÁLISIS COMPARATIVO DE REGULACIONES EN C.A. RELACIONADAS CON LAS AGUAS RESIDUALES Y SU TRATAMIENTO</p> <p align="center">-AGOSTO DE 2008-</p>					
PAIS/ DESCRIPCIÓN	GUATEMALA	EL SALVADOR	HONDURAS	NICARAGUA	COSTA RICA
FECHA /EMISIÓN	11 DE MAYO DE 2006	30 DE MAYO DE 2000	--	18 DE JULIO DE 2003	19 DE JUNIO DE 1997
TIPO DE REGULACIÓN	ACUERDO GUBERNATIVO -REGLAMENTO- 236-2006	DECRETO LEY No. 039	PROYECTO DE AC UERDO GUBERNATIVO -REGLAMENTO-	DECRETO EJECUTIVO --/2003	DECRETO EJECUTIVO 26042-S MINAE
CONDIC. ACTUAL	VIGENTE	--	--	--	VIGENTE
ALCANCE	NACIONAL	NACIONAL	NACIONAL	CUENCA DEL LAGO	NACIONAL

				-XOLOTLÁN-	
CAP. 1	DISPOSICIONES GENERALES	OBJETO Y COMPETENCIA	DISPOSICIONES GENERALES	DISPOSICIONES GENERALES	DISPOSICIONES GENERALES
CAP. 2	GLOSARIO	SISTEMAS DE TRATAMIENTO	COMPETENCIA DE L DESPACHO DE SALUD	PARÁMETROS Y AUTORIZACIÓN	PARÁMETROS DE ANÁLISIS OBLIGATORIO
CAP. 3	ESTUDIO TÉCNICO	ANÁLISIS OBLIGATORIO	APLICABILIDAD	DISPOSICIONES FINALES Y TRANSITORIAS FIN ---	MUESTREO, ANÁLISIS Y REPORTES DE OPERACIÓN
CAP. 4	CARACTERIZACIÓN, INCLUYE LODOS	MUESTREO ANÁLISIS E INFORMES	PARÁMETROS P/ ANÁLISIS OBLIGATORIO	---	LÍMITES DE VERTIDO
CAP. 5	PARÁMETROS DE DESCARGA A CUERPOS RECEPTORES	REUSO DE AGUAS RESIDUALES	MUESTREO, ANÁLISIS Y REPORTES DE OPERACIÓN	---	NO INLCUYE
CAP. 6	PARÁMETROS DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO	DISPOSICIONES FINALES	LÍMITES PARA DESCARGAS	---	REUSO DE AGUAS RESIDUALES
CAP. 7	PARÁMETROS PARA REUSO	---	REUSO DE LAS AGUAS RESIDUALES	---	PROHIBICIONES
CAP. 8	PARÁMETROS PARA LODOS	---	PROHIBICIONES	---	SANCIONES FIN ---
CAP. 9	SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	---	METODOS DE ANÁLISIS	---	---
CAP. 10	PROHIBICIONES Y SANCIONES	---	VIGILANCIA Y CONTROL	---	---
CAP. 11	DISPOSICIONES GENERALES	---	INFRACCIONES ADM.	---	---
CAP. 12	DISPOSICIONES TRANSITORIAS FIN ---	---	SANCIONES	---	---
CAP. 13	---	---	INCENTIVOS	---	---
CAP. 14	---	---	DISPOSICIONES	---	---
CAP. 15	---	---	DISPOSICIONES TRANSITORIAS	---	---
CAP. 16	---	---	VIGENCIA	---	---
----ULTIMA LÍNEA----					

TABLA 8. COMPARACIÓN DE CONTENIDOS DE LA REGULACIÓN C.A.

Algunas conclusiones del análisis anterior se presentan a continuación:

1. Los fines para lo que se han elaborado los distintos reglamentos son similares. Lo anterior excluye el reglamento nicaragüense; éste es de menor cobertura y está ligado exclusivamente a la cuenca del lago de Managua o Xolotlán.

2. Reglamentos muy elaborados podrían no gozar de aplicabilidad en la realidad mientras que los que enfoquen de manera específica la problemática por resolver, podrían ser más efectivos.
3. Las leyes marco como las de Guatemala, Honduras y Costa Rica son producto de pugnas entre sectores afectados. Los incentivos, los ciclos escalonados de cumplimiento de parámetros, etc, denotan carencia de fuerza y falta de respaldo hacia las leyes que se promueven.

4. GENERALIDADES DEL RASTRO DE PORCINOS –CECARSA– UBICADO EN ZONA 17, CIUDAD DE GUATEMALA

4.1 Etapas del proceso de producción

El rastro de cerdos o Centro de Carnes S.A. / CECARSA se ubica en la zona 17 de la ciudad de Guatemala. Cuenta con una capacidad de faenado de 400 cerdos/día. La jornada laboral es de las 8:00 a las 17:00 horas; período durante el que se cubren dos turnos de faenado entre las 9:00 y 17:00 horas. El peso de los cerdos varía entre 200 a 220 libras/cerdo en pie. Cada animal produce en promedio 3.5 litros de sangre, de la cual un alto porcentaje se recupera mediante una tolva y tubería de conducción y llenado. A esta parte del proceso se le denomina degollado y desangrado. En promedio se estima un faenado de 400 cerdos/día; dato que en épocas de fin de año puede incrementarse hasta 600 cerdos diarios.

El proceso de producción incluye las siguientes etapas:

- Corrales
- Trampa de aturdido
- Zona de aterrizaje
- Degollado y desangrado
- Tanque de escaldado

- Depilado y descascado
- Flameado y pulido
- Eviscerado
- Inspección sanitaria
- Sierra oreo y pesado de canales
- Cuartos de lavado e inspección de vísceras
- Cuarto frío de almacenaje

Descripción general del proceso de producción

El cerdo es trasladado del área de corrales hacia la trampa de perturbación o aturdido. Se sujeta a la cadena transportadora donde iniciará su recorrido aéreo y donde permanecerá a lo largo de todo el proceso. Luego se degüella y desangra. (En este punto se realiza un corte en el cuello, de tal forma que permite mantener la cabeza adherida firmemente al cuerpo del animal).

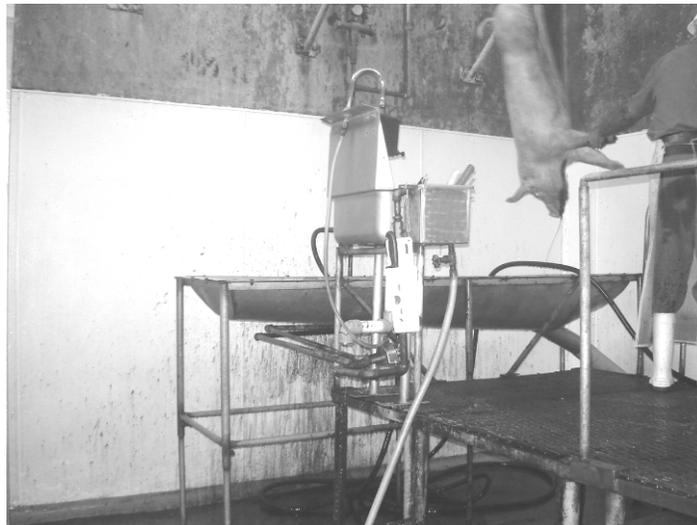


FIGURA 4. PROCESO DE DEGOLLADO Y DESANGRADO



FIGURA 5. LAVADO PREVIO AL TRASLADO HACIA EL TANQUE DE ESCALDADO

Luego se procede a depilarlo evitando el pre cocimiento. Para esto se sumerge el cuerpo completo en agua a 60 °C durante un período de tiempo controlado.

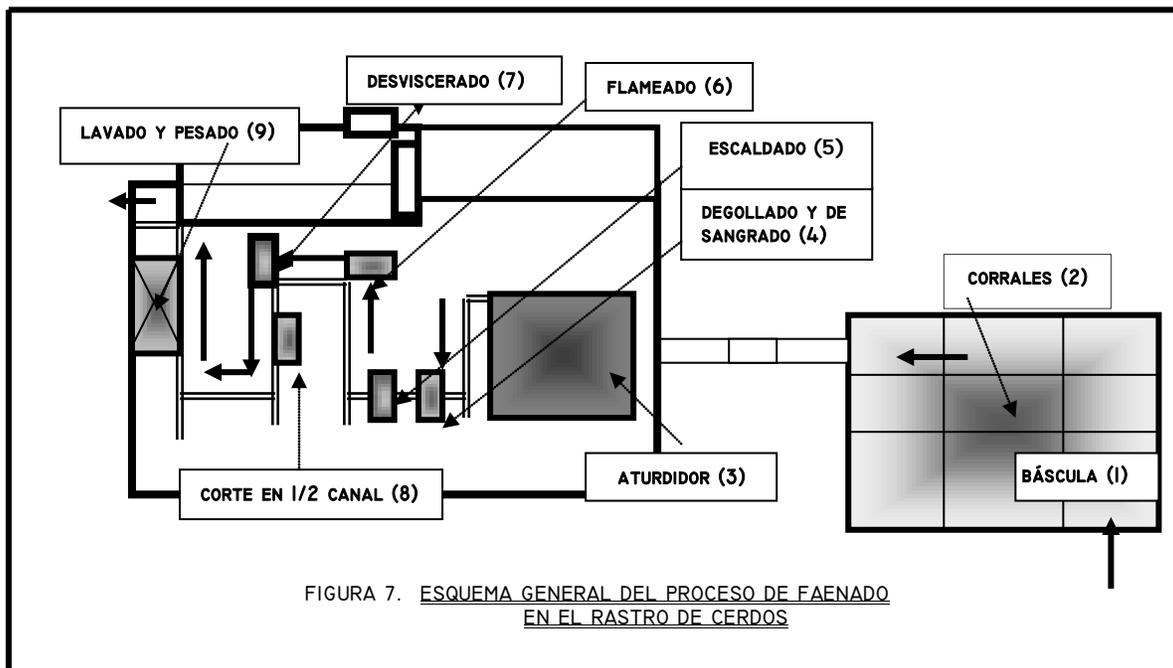


FIGURA 6. TANQUE DE ESCALDADO Y DEPILACIÓN

Previo al flameado se cortan las patas, se eliminan bacterias impregnadas y pelo restante. Posteriormente se continúa con las etapas de eviscerado, corte en medias canales, limpieza final y pesado. Durante el proceso se realiza la inspección ocular para la previsión de zoonosis, principalmente en búsqueda o detección de

posibles problemas de cisticercosis y tuberculosis. Para el efecto se realizan cortes transversales en los músculos maceteros y la inspección de glándulas específicas a nivel del corte del degollado.

Como paso final y previo al transporte, los cortes en media canal permanecen en cuartos fríos especialmente acondicionados para el manejo del producto cárnico.



En ese proceso se utiliza agua limpia en abundancia; en él sobresale el nivel de consumo, el gasto en el área de corrales, el tanque de escaldado, la recuperación de vísceras verdes en las áreas de recepción de vísceras y de clasificación y lavado. Complementan dicho consumo, pero en menor escala, las etapas de degollado y desangrado, el depilado y descascado, el pulido, evisceración y el corte en canal.

Cada una de las etapas del proceso incorpora la carga contaminante que modifica las características físicas y químicas del agua; el lavado diario de excrementos de cerdo, restos de alimentos, sangre no recuperada en el proceso y

otros. Dichas aguas servidas son colectadas por tres redes de alcantarillado independientes, las cuales no disponen de un sistema adecuado de tratamiento, que luego son vertidas al drenaje municipal en tres puntos diferentes. Dicha tubería de drenaje municipal atraviesa el terreno de CECARSA en dirección norte – sur, con tubería A.C. 27" Ø, profundidad promedio 0.80 m y pendiente 2%.

4.2 Abastecimiento de agua potable

Se dispone de dos fuentes de abastecimiento: acometida municipal y pozo mecánico propio. La primera proporciona una fracción mínima del agua utilizada como resultado de la irregularidad en el servicio municipal en ese sector. La mayor parte del agua se obtiene del pozo mecánico ubicado en la parte sureste del predio.

4.3 Sistema de recolección y tratamiento de las aguas residuales

El plano de ubicación del rastro de porcinos en la zona 17, ciudad de Guatemala y el área destinada para la planta de tratamiento de aguas residuales es el siguiente:

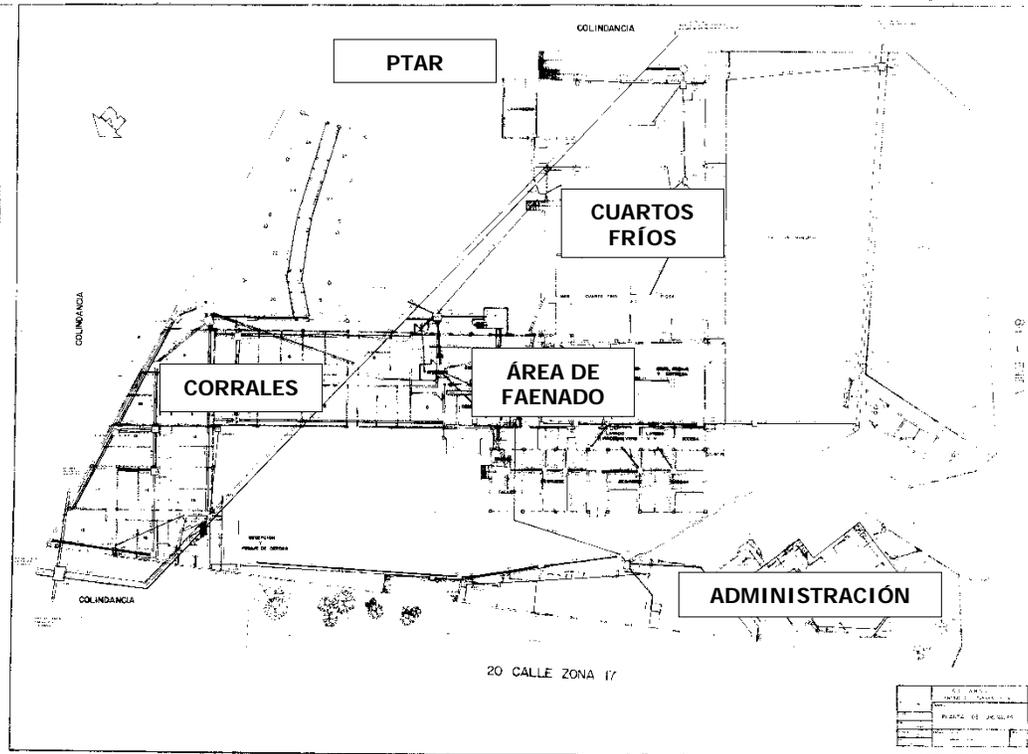


FIGURA 8. PLANO GENERAL DE UBICACIÓN DEL RASTRO DE PORCINOS EN ZONA 17, CIUDAD GUATEMALA

El sistema de alcantarillado sanitario consiste en una red de tuberías de cemento, en diámetros que varían entre 200 y 400 mm y una longitud total aproximada de 150 m. La profundidad varía entre 0.40 y 1.50 m. Existen cajas de registro construidas de concreto, a distancias menores de 50.0 m.

Para el tratamiento de las AR, años atrás se ejecutó un proyecto para la producción de biogás. Dicha infraestructura no se encuentra operando debido a que el sistema exige costos de operación elevados y no produce los niveles de biogás esperados. Existen en el lugar, un desarenador para las descargas provenientes de los corrales, un desengrasador para el efluente del proceso de producción, un tanque de bombeo construido de concreto reforzado, totalmente enterrado, de sección circular y 24 m³ de capacidad, criba separadora de sólidos gruesos de acero inoxidable en mal estado; la cual antecede a un tanque de semienterrado de concreto reforzado, abierto en la parte superior y con capacidad

de 330 m³. Al final del proceso se cuenta con un RAFA (UASB) de 250 m³ de concreto reforzado y campanas de fibra de vidrio los cuales servirían para colectar el gas generado, para luego trasladarlo a un tanque tipo campana flotante de 98 m³. Los beneficios esperados eran lograr una disminución de la contaminación en el efluente del rastro alimentando el sistema del reactor anaerobio de flujo ascendente y obtener subproductos útiles como el bioabono y gas metano.

4.4 Consumos de agua en el Centro de Carnes S.A.

Los consumos de agua y generación de residuos y subproductos medidos por el rastro al mes de mayo de 2006, con una matanza promedio equivalente a 400 cerdos/día se resumen de la siguiente forma:

ACTIVIDAD	CONSUMO DE AGUA (m ³ /mes)	%	Q L/SEGUNDO	L/CERDO	RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS
CORRALES	240	29	0.28	30.00	0.38 TM/MES - DE ESTIERCOL
ATURDIDO	--	--	--	--	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
DEGOLLADO Y DESANGRADO	24	3	0.03	3.00	15,3 TM/MES - DE SANGRE
ESCALDADO	108	13	0.13	13.50	TANQUE 460 GAL.SE AGREGA CAL
DEPILADO Y DESCASCADO	--	--	--	--	1,37 TM/MES PELO Y CASCOS
FLAMEADO	--	--	--	--	CONSUMO DE GAS PROPANO
PULIDO	24	3	0.03	3.00	--
EVICERADO	24	3	0.03	3.00	12,69 TM/MES LIQUIDO ABDOMINAL
					17,93 TM/MES DESECHO V. VERDE
					21,40 TM/MES VICERAS VERDES
VICERAS VERDES. CLASIFICACIÓN Y LAVADO	380	46	0.44	47.50	--
INSPECCIÓN SANITARIA	--	--	--	--	11,71 TM/MES VICERAS ROJAS
SIERRA	24	3	0.03	3.00	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
OREADO	--	--	--	--	36,68 TM/MES CABEZA Y PATAS
PESADO	--	--	--	--	324,81 TM/MES DE CARNE EN CANAL
TOTAL	824	100	0.97	103.00	

TABLA 9. **CONSUMOS DE AGUA EN EL CENTRO DE CARNES S.A. Z-17, GUATEMALA**

Los datos anteriores son propios de CECARSA. Como medida comparativa se presentan los siguientes consumos típicos para las diferentes etapas del proceso, según un estudio realizado en México.³

ESPECIE	INSUMOS	SALIDAS	
PORCINO	AGUA PARA EL LAVADO DEL TRANSPORTE	AGUA RESIDUAL	15 LITROS
		DB05	1333.33 MG/L

Ver. Bibliografía. Evaluación de riesgos de los rastros municipales.

(PESO VIVO PROMEDIO 100 Kg)		DESECHO SÓLIDO	1.5 Kg
BOVINO (PESO VIVO PROMEDIO 250 Kg)	AGUA PARA EL LAVADO DEL TRANSPORTE	AGUA RESIDUAL	75 LITROS
		DBO5	1333.33 MG/L
		DESECHO SÓLIDO	5.0 Kg

TABLA 10. **CONSUMOS DE AGUA EN RECEPCIÓN DE CERDOS**

ESPECIE	INSUMOS	SALIDAS	
PORCINO (PESO VIVO PROMEDIO 100 Kg)	AGUA 6,0 LITROS	PESO DE LA CANAL	95 Kg
		SANGRE	4 LITROS
		AGUA RESIDUAL	6 LITROS
		DBO5	200,000 MG/L
BOVINO (PESO VIVO PROMEDIO 250 Kg)	AGUA PARA EL LAVADO DEL TRANSPORTE	PESO DE LA CANAL	238 Kg
		SANGRE	12 LITROS
		AGUA RESIDUAL	7 LITROS
		DBO5	200,000 MG/L

TABLA II. **CONSUMOS DE AGUA EN DEGOLLADO Y DESANGRADO**

INSUMOS	u	SALIDAS	
PESO DE LA CANAL DE CERDO DESANGRADA	95 Kg	PESO DE LA	93 Kg
AGUA	60 L	AGUA RESIDUAL	60 L
		DBO5	5,000 MG/L
GAS (SI SE USA COMO COMBUSTIBLE)	0.5 m ³	PELO DE CERDO	1,0 Kg
		PEDACERÍA (PIEL, GRASA, MÚSCULO)	1,0 Kg

TABLA 12. **CONSUMOS DE AGUA EN ESCALDADO Y DEPILADO**

ESPECIE	INSUMOS	SALIDAS	
CANAL DE CERDO SIN PELO 93 Kg	AGUA 40 LITROS	CANAL DE CERDO EVISCERADA Y PARTIDA	74 Kg
		TRACTO INTESTINAL	10 Kg
		PEDACERÍA Y ÓRGANOS COMESTIBLES	3 Kg
		SUBPRODUCTOS	5.5 Kg
		AGUA RESIDUAL	40 L
		DBO5	1250 MG/L
CANAL DE RES SIN CUERO 207 Kg	AGUA 100 LITROS	CANAL DE BOVINO EVISCERADA Y PARTIDA	125 Kg
		TRACTO GASTROINTESTINAL	60 Kg
		PEDACERÍA Y ÓRGANOS COMESTIBLES	9 Kg
		SUBPRODUCTOS	12 Kg
		AGUA RESIDUAL	100 L
		DBO5	1,200 MG/L
CANAL DE AVE SIN PLUMAS 1.995 Kg	AGUA ND	CANAL DE AVE PARCIALMENTE EVISCERADA	1.625 Kg
		VICERAS NO COMESTIBLES	0.369 Kg
		AGUA RESIDUAL	ND
		DBO5	0.0.5 MG/L

TABLA 13 **CONSUMOS DE AGUA EN EVISCERADO Y CORTE EN CANAL**

En resumen, según este estudio, en México se consumen en promedio 121 L/c, y el consumo en CECARSA es de 103 L/c. Las variaciones más importantes se encuentran en la etapa de recepción y en la de escaldado. En términos generales para el caso de CECARSA el consumo total por cerdo se considera aceptable.

5. METODOLOGÍA

5.1 Procedimiento

Se identificaron tres puntos para toma de muestras, que corresponden a los lugares en los que el rastro descarga aguas residuales hacia el colector municipal:

1) Corrales, 2) Proceso de producción y 3) Servicios sanitarios y lavados de piso de cuartos fríos. Ver anexo 1.

Considerando el tipo de fuente generadora de las aguas residuales, como siguiente paso se seleccionaron los parámetros representativos siguientes: 1) pH, 2) temperatura y 3) caudal. Todas las anteriores fueron medidas al momento de la toma de muestras. Para la medición del pH y la temperatura se utilizó un equipo propiedad de la ERIS marca B&C, PH 125.2, pH/ORP meter. El caudal se midió mediante el método volumétrico. Los siguientes parámetros fueron medidos en el laboratorio de ERIS: 4) sólidos sedimentables, 5) sólidos suspendidos, 6) sólidos totales, 7) sólidos volátiles, 8) DBO₅, 9) DQO, 10) NO₃, 11) PO₄.

5.2 Tipo de muestras

Con el fin de lograr buena representatividad de las muestras al momento de que fueran analizadas en el laboratorio, se procedió de la forma siguiente: en total se realizaron seis muestreos entre marzo y septiembre de 2007. En cada fecha de muestreo se obtuvieron tres muestras compuestas de 3.78 litros cada una. Para la integración del volumen total de cada muestra se tomaron muestras parciales durante períodos de nueve horas, con volúmenes parciales a cada tres horas. Para

el resguardo de los volúmenes parciales y totales de muestras capturadas desde el inicio hasta su utilización en el laboratorio se requirieron hieleras portátiles y abundante hielo. Los recipientes para recogida y almacenamiento de muestras fueron de material plástico, color blanco, totalmente nuevos.

5.3 Cantidad representativa de muestras⁵

Como consecuencia de las variaciones aleatorias tanto del procedimiento analítico como la presencia de algún constituyente en el punto de muestreo, una muestra simple es insuficiente para obtener el nivel deseado de incertidumbre. Si es posible conocer la desviación estándar en todo el proceso, entonces el número de muestras por requerir se puede calcular mediante la ecuación:

$$N \geq (t*s / U)^2$$

Donde:

N= Número de muestras por tomar.

t= Prueba t de *Student* para un nivel de confianza dado.

s= Desviación estándar global.

U= Nivel aceptable de incertidumbre.

5.4 Análisis de laboratorio

Se utilizaron las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Aguas Residuales de ERIS. Los análisis de muestras se realizaron para todos los casos, un día luego de la toma de muestras en períodos de 11 horas. En el laboratorio se atendieron las recomendaciones para el análisis de muestras del *Standard Methods* (APHA, 1992).

⁵ El cálculo del número de muestras se puede consultar en la Figura 1060:1, página 1-23, *Standard Methods*, 1995.

Para la determinación de la DBO_5 en las tres muestras obtenidas en cada uno de los 6 muestreos, se utilizó el método de dilución – Winkler azida. Como medida de comparación de los resultados obtenidos, en dos ocasiones se realizaron mediciones paralelas de la DBO_5 mediante el método directo o respirómetro. Ambos resultados fueron congruentes. Para la medición de la DQO se utilizó el método de microdigestión y colorimetría Hatch para DQO con viales para muestras claras de 0 – 150 y 0-1500. Dados los altos niveles de DQO obtenidos desde el inicio, principalmente en las muestras obtenidas en los puntos (1) y (2), debieron realizarse diluciones con agua desionizada para que luego fuera calculado el resultado final por simple cálculo aritmético. El digestor utilizado fue un equipo marca HACH, COD REACTOR, viales de dicromato de potasio, a 150 °C, durante dos horas. Las mediciones se realizaron en el espectrofotómetro con longitudes de onda de 620 nm en el rango alto y 435 nm en el rango bajo.

En la determinación de sólidos sedimentables se utilizaron conos Imhoff con volúmenes de muestra de 1.0 litros. Para los sólidos suspendidos se utilizaron filtros membrana de celulosa de 45 micrones previamente pesados. El procedimiento consistió en filtrado de muestra, aplicación de secadora entre 103-105 °C durante 1.0 hora y luego desecado entre 15 y 20 minutos. Finalmente se procedió al pesado en la balanza analítica para la resta matemática y la obtención del peso del contenido en cada membrana. Para los sólidos totales se utilizaron crisoles Gooch previamente pesados. Aplicación de las muestras, luego aplicación de baño María, luego horno y finalmente mufla, para el pesado final del contenido.

Los sólidos volátiles se obtuvieron por diferencia entre el pesado luego del horno, desecado y enfriamiento controlado y el peso obtenido luego de pasar la muestra por la mufla.



FIGURA 9. MEDIDOR PARA PH Y TEMPERATURA

5.5 Consideraciones finales de la metodología aplicada

El presente estudio reconoce las expectativas de la administración en lo relacionado al posible incremento en los servicios que el rastro presta, en el corto mediano y largo plazo; y toma en consideración los efectos en la propuesta de tratamiento de las AR. Como medidas de control de los resultados, la investigación hace referencia a datos obtenidos en investigaciones similares aplicadas al tratamiento de AR generadas en rastros de cerdos.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados parciales de la caracterización de las fuentes generadoras de aguas residuales individuales dentro del rastro pueden revisarse en el Anexo II.

Los resultados de mezcla entre las tres fuentes generadoras de aguas residuales y la mezcla parcial de las aguas residuales del área de proceso de producción y cuartos fríos se presentan en las siguientes tablas:

RESULTADO DE PROMEDIOS PONDERADOS TOTALES (Puntos # 1, 2 y 3)												
Parámetro	pH	Temp	SOLIDOS									
			Qmd	Sed.	Suspen.	Tot.	Volát.	DBO5	DQO	NO3	PO4	DQO/DBO5
Unidades	u	°C	L/s	cm³/L 1 hora	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg	mg/L	mg/L	
NGO 29001	6.5≤pH≤8.5	34°C				1,000					10	
Reg 236-2006	6≤pH≤9	<40°C			3,500			1,500/ año 2012		1,400	700	
Condición:	Cumple	Cumple			Cumple					Cumple	Cumple	
Fecha												
12.03.2007	8.54	27.40	1.35	40.77	3,022	10976	6137.3	3,141	6,947	1325.7	100.19	2.21
03.05.2007	7.95	28.14	1.83	99.42	11,191	8822	6086.4	5,346	9,647	1295.2	85.16	1.80
16.08.2007	7.85	28.10	1.36	65.48	4,750	11995	8114.9	7,293	13,505	396.0	128.36	1.85
17.08.2007	7.65	27.81	1.29	109.40	11,599	26141	9683.0	4,263	11,678	808.3	46.60	2.74
20.09.2007	7.25	29.90	2.58	29.21	1,003	4484	3469.8	5,535	14,191	1576.2	72.69	2.56
21.09.2007	7.18	32.09	2.75	28.16	2,117	4026	3373.5	2,372	12,917	1756.8	47.93	5.45
RESULTADO	7.74	28.91	1.86	62.08	5613.74	11073.94	6144.15	4658.15	11480.56	1193.03	80.16	2.46

TABLA 14. MEZCLA DE RESULTADOS PTOS #1,2 Y 3

RESULTADO DE PROMEDIOS PONDERADOS (Puntos# 2 Y 3)												
Parámetro	pH	Temp	SOLIDOS									
			Qmd	Sed.	Suspen.	Tot.	Volát.	DBO5	DQO	NO3	PO4	DQO/DBO5
Unidades	u	°C	L/s	cm³/L 1 hora	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg	mg/L	mg/L	
NGO 29001	6.5≤pH≤8.5	34°C				1,000					10	
Reg 236-2006	6≤pH≤9	<40°C			3,500			1,500/ año 2012		1,400	700	
Condición:	Cumple	Cumple			Cumple					Cumple	Cumple	
Fecha												
12.03.2007	8.49	30.62	0.83	15.37	998.48	6463.83	3474.48	2460.63	3642.55	1017.96	46.15	1.48
03.05.2007	7.57	30.55	1.17	19.28	1142.77	4987.53	3646.74	3720.88	4493.94	1041.97	42.00	1.21
16.08.2007	7.85	29.78	0.79	18.43	1379.89	12162.85	4957.47	4813.97	8904.46	624.00	62.25	1.85
17.08.2007	7.51	30.76	0.76	17.88	3388.43	6920.62	3604.05	1892.24	7617.37	576.94	44.23	4.03
20.09.2007	6.75	31.42	2.04	17.35	734.65	3524.49	2535.29	1706.20	14643.82	1479.90	27.87	8.58
21.09.2007	6.93	34.49	2.17	14.34	1369.65	4304.58	3312.90	2114.86	12760.61	1654.42	25.46	6.03
RESULTADO	7.52	31.27	1.29	17.11	1502.31	6393.98	3588.49	2378.96	8677.13	1065.87	41.33	3.65

TABLA 15. MEZCLA DE RESULTADOS PTOS #1 Y 2

El análisis de resultados y las condiciones de biodegradabilidad en los dos escenarios de mezcla lleva a la conclusión de que debe realizarse un tratamiento unificado para los tres efluentes.

Para la evaluación de las condiciones de biodegradabilidad y los métodos de tratamiento recomendables, referirse al siguiente cuadro:

RELACIÓN DQO/DBO	CONCEPTO	MÉTODOS DE TRATAMIENTO
MAYOR QUE 5,0	NO DEGRADABLE	FISICOQUÍMICOS
ENTRE 3,0 Y 5,0	REALIZAR ESTUDIOS ADICIONALES	FISICOQUÍMICOS - BIOLÓGICOS DEPENDIENDO DE ESTUDIOS ADICIONALES
MENOR QUE 3,0	DEGRADABLE	FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

TABLA 16. RELACIÓN DQO/DBO5 DE LAS AGUAS INDUSTRIALES⁶

Los resultados obtenidos individualmente en los puntos No. 1 y 3 son favorables. Incluso el punto No. 3 podría prescindir de un tratamiento y cumplir

⁶ Ministerio de medio ambiente. 2002. Guía de formulación de planes de pretratamiento de efluentes industriales. Colombia. Cuadro 5.1, 63 p.

con la norma. En contraposición se observa que en el punto No.2 existen condiciones extremas, lo cual permite concluir que deberán utilizarse los caudales No. 1 y 3 para diluir y reducir los niveles extremos calculados para la mezcla, en especial en el punto No.2, donde el caudal tiene una significancia del 53% de las AR totales generadas por día.

Un aspecto importante es la forma como se genera el caudal del punto No.1, el cual representa 30.5% del caudal total de mezcla. El lavado de corrales se delega a un empleado de servicios, quien toma la decisión de lavar, según los niveles de excretas acumulados en los corrales. Para evitar condiciones tóxicas en el afluente a la PTAR, esa función se deberá establecer en tiempos de 30 min/hora.

Para la obtención de los resultados definitivos se calcularon los parámetros estadísticos de cada grupo de resultados parciales. Se tiene en cuenta que cada uno de los efluentes goza de propiedades diferentes entre sí y disponen de distintos niveles de ponderación en función del porcentaje de caudal que representan con relación al caudal total. Se seleccionaron los valores que representarán cada parámetro; esto se resume en el siguiente cuadro, y simultáneamente constituyen los objetivos de reducción del tratamiento de las AR que se propondrá para El Centro de Carnes S.A. en función de lo exigido por el Reglamento 236-2006:

OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO A IMPLEMENTAR BASADO EN EL REGLAMENTO 236-2006				
PARÁMETRO	DIM	RESULTADO	NORMA	OBJETIVO DEL TRATAMIENTO
pH	u	7.74	6≤pH≤9	CUMPLE
temperatura	°C	28.91	<40°C	CUMPLE
Q md	L/s	1.86		NO APLICA
Sol Sed	m³/L -1 hor	62		NO APLICA
Sol Suspend *	mg/L	5,614	3,500	REDUCIR 50%
Solidos Totales *	mg/L	11074	1,000	REDUCIR 95% (NORMA NGO 29001)
Solid. Volátiles	mg/L	6144.1		NO APLICA
DBO5 *	mg/L	4,658	1500	REDUCIR 70%
DQO	mg/L	11,481		NO APLICA
NO3	mg/L	1193.0	1400	CUMPLE
PO4	mg/L	80.16	700	CUMPLE
DQO/DBO5		2.46		CONDICIÓN DE BIODEGRADABILIDAD: BUENA

TABLA I7 **OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

* QUE EL PARÁMETRO SE ENCUENTRA FUERA DE ALGUNA DE LAS NORMAS CONSIDERADAS.

El modelo de tratamiento propuesto prestará especial atención a la reducción de los sólidos totales. Deberá reducir la DBO₅ a 70% del valor inicial. La reducción de los sólidos suspendidos deberá ser como mínimo del 50%.

Un resumen de la mezcla de caudales de los puntos #1, 2 y 3 y un dato para control de los resultados del cálculo de mezcla se presentan respectivamente, en los siguientes cuadros:

RESUMEN	
Volumen de agua total diario:	51.447 m³/día
Volumen total mensual:	1337.619 m³/mes
Caudal promedio total:	1.860 L/s
Cerdos/día	400.0 Cerdos/día
Volumen por cerdo	128.6 L/cerdo
Cerdos/día futuro	600.0 Cerdos/día
Caudal promedio total futuro:	2.79 L/s
Caudal promedio puntos #2 y #3	1.293 L/s
Volumen promedio puntos #2 y #3 diario:	41.90 m³/día
Volumen promedio puntos #2 y #3 mensual:	1089.27 m³/mes

TABLA 18. RESUMEN DE RESULTADOS DE MEZCLAS DE CAUDALES
PTOS #1,2 Y 3 Y PTOS # 2 Y 3

CONTROL DE RESULTADOS		
Tratamiento de efluentes industriales Colombia		
Pág. 40 Mataderos:	6.4	kg/Ton-DBO₅
CECARSA:	210	Lb/cerdo
	400	cerdos/día
	84000	Lb/día
	38.18	Ton/día-carne
	4658.15	mg/L-DBO₅
	1.29	L/s
	9	Horas/día
	195.15	kg/día - DBO₅
	5.11	kg/Ton- DBO₅

TABLA 19. CONTROL DE RESULTADOS EN EL CÁLCULO DE MEZCLA BASADO EN
EL NIVEL DE CARGA CONTAMINANTE OBTENIDA⁷

⁷ Ministerio del Medio Ambiente. 2002. Guía ambiental para la formulación de pretratamiento de efluentes industriales. Colombia. Cuadro 4.2 / 40 p.

7. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

La propuesta considera los siguientes aspectos:

- a. Cantidad de AR a tratar
- b. Calidad del efluente
- c. Las exigencias de cumplimiento establecidas en la regulación vigente
- d. Disponibilidad económica para inversiones en infraestructura
- e. La calidad futura del cuerpo receptor
- f. Crecimiento de la producción en el mediano plazo
- g. Disponibilidad de área

Dado que es necesario tratar las AR cuyas características de salida las establece la normativa vigente, el sistema de tratamiento completo, por definición incluye:

1. Pre tratamiento
2. Tratamiento primario
3. Tratamiento secundario
4. Tratamiento terciario

El tratamiento de las AR incluye prioritariamente la utilización de los elementos de infraestructura u obras de arte existentes que fueron parte del sistema de tratamiento para la generación de biogás.

7.1 Descripción de la propuesta y sus componentes

La mayor desventaja del elemento desarenador en el afluente de corrales es que el caudal no es constante; llega a condiciones de $Q=0$ L/s, una cantidad considerable de veces por día. El caudal medido fluye de forma intermitente según las necesidades de baño y reducción del estrés en los cerdos, limpieza en corrales y lavado del transporte luego de haber realizado la entrega de los animales en la báscula. Esta condición crea la dificultad de que el desarenador con frecuencia

opera como sedimentador, con ello entorpece el proceso y genera un problema operativo en el dispositivo de pretratamiento.

De las pruebas de laboratorio realizadas al punto de muestreo No.1, se encontró que los sólidos sedimentables varían entre 88 y 250 cm³/L-hora, y se determinó que menos del 1% del volumen corresponde a partículas arenosas.

Dadas todas las consideraciones anteriores y tomando en cuenta que el caudal que aporta el punto No.1 es el 30% del caudal total, se recomienda la eliminación de dicho componente. De otra forma deberá considerarse la construcción de un tanque de compensación previo al desarenador, que permita operar con un caudal continuo de 24 horas/día. La observación anterior no se tomará en consideración para la definición de la propuesta final de tratamiento. El resumen de los caudales por cada punto de aporte, puede apreciarse en el siguiente cuadro:

DESCARGA	CAUDAL (L/h)	CAUDAL (L/día)	Vol/día (m ³ /día)	CAUDAL (L/día) ¹ (m ³ /día)
DESCARGA 1	1000	24000	24	24
DESCARGA 2	2000	48000	48	48
DESCARGA 3	3000	72000	72	72
Σ				

1: MES DE 24 DÍAS LABORALES

2: 50% DE DESCARGA EN 9 HORAS LABORALES/DÍA

TABLA 20. **RESUMEN DE APORTES DE CAUDAL POR CADA PUNTO DE MUESTREO**

7.2 Propuesta de pretratamiento

El sistema se compone de las siguientes unidades y modificaciones a la infraestructura existente: Descarga punto No. 1. Se anulará el desarenador existente mediante un canal con tubería PVC ASTM D-3034 125 PSI, 6"Ø, largo 8 m. La descarga hacia el alcantarillado público municipal deberá sellarse. En la descarga punto No. 2 se propone la modificación de la caja unificadora de caudales, incluyendo una válvula en la descarga hacia el tanque trampa de grasas, y descarga extra con válvula, ambas tipo compuerta HG- 6"Ø, esta última para el

vertido separado y eventual de efluentes con plaguicidas (para cuando se fumigue la planta de producción).

La descarga hacia el alcantarillado público municipal deberá sellarse. En el punto No. 3 se deberá construir un tanque de rebombeo. CDT 5.0 m, $Q = 0.3$ L/s. (Potencia teórica = 0.015 Hp.) Ver en el mercado bomba para sólidos $\varnothing \leq 2''$, de $\frac{1}{4}$ Hp, o en su defecto $\frac{1}{2}$ Hp, con control de flote. La salida hacia el alcantarillado público municipal deberá sellarse. Los tres caudales indicados hasta ahora, se unirán en una caja unificadora de caudales que se construirá a 40.0 m de distancia del punto No.1 en dirección hacia la PTAR. Ver detalles en anexo IV.

Posterior a la caja unificadora de caudales se construirá adjunto, a 1.0 m en dirección a la PTAR, la etapa final del sistema de pretratamiento conformado por una caja para toma de muestras, aforos volumétricos y rejillas para la retención de sólidos gruesos y materia flotante de gran volumen. Ver detalle en anexo V. La conducción del caudal total entre la caja para toma de muestras y el tratamiento primario deberá asegurarse con tubería PVC SDR 35, ASTM d-3034, 8", largo 75 m.

7.3 Propuesta de tratamiento primario

Se utilizará el tanque de concreto reforzado, totalmente enterrado; de sección circular, con tapadera metálica removible, al cual se le denominará tanque homogenizador-sedimentador. Del volumen total del tanque (25.5 m^3) se dispondrán 18.85 m^3 útiles, con entrada de tubería de alimentación CIE= 2.0 m.

Se dispondrán 13.5 m^3 en la parte inferior para la cámara de sedimentación de lodos primarios (4.40 m desde el fondo hacia arriba). La cámara superior de 1.6 m de alto, medido desde los 2.0 hacia abajo, vol. 5.0 m^3 , conformará la cámara del sobrenadante, lo que generará un tiempo de retención inicial en el agua, de 8.87 horas (sin lodos acumulados) hasta 2.35 horas, cuando los lodos hayan alcanzado el volumen total de 13.5 m^3 , para lo que se han calculado 17 días, a un ritmo de $0.70 \text{ m}^3/\text{día}$.

El caudal de agua se bombeará en su totalidad al tratamiento secundario. Esto se realizará de forma continua y permanente, mediante una bomba principal y

una auxiliar, las que trabajarán alternadamente en periodos de 24 horas. Serán para sólidos, 2"Ø, CDT 15.0 m, Q= 0.55 L/s y dispondrán de un control de flote, con arranque a los 2.0 m de profundidad del tanque y pararán a los 3.6 m de profundidad. También se dispondrá de dos bombas para sólidos, ubicadas en el fondo del tanque, 4"Ø, CDT 15.0 m y Q= 3.3 L/s, para la extracción de lodos.

Estos equipos se alternarán en su funcionamiento y se automatizarán para que operen cada 17 días. La descarga de lodos primarios la harán hacia los patios de secado. Ver planos del tanque y memoria de cálculo en anexos VI y VII respectivamente.

7.4 Propuesta de tratamiento secundario

El reactor anaerobio de flujo ascendente de 250 m³ y 52.27 m² de área transversal, deberá ser modificado de tal forma que el área aprovechable sea únicamente un cuarto del área total, con un volumen de 62.33 m³. (Dividiendo el área total en 4/4). Esto generará tiempos de retención hidráulica de 31.28 horas con el caudal actual y 20.85 horas con el caudal futuro. Generará con el caudal actual una carga superficial del 0.15 m/hr (ideal 0.5 m/hr); en el futuro se modificará a 0.23 m/hr.

Finalmente, la carga volumétrica se ubicará en 8.81 kg DQO/m³-día (debe 5 ≤CV<10), con el caudal actual y se modificará en el futuro a 13.21 DQO/m³-día kg. Ver anexos VIII y IX, de los planos y la memoria de cálculo de la evaluación del reactor respectivamente.

7.5 Propuesta de tratamiento terciario y recirculación interna

Se dispondrá de un tratamiento terciario únicamente para el 30% de las aguas tratadas, equivalentes a 9.18 m³/día y 220 m³/mes laboral. Para esto se acondicionará el tanque de concreto reforzado, de sección rectangular, semienterrado, de 3.4 x 7.0 x 15.73 y volumen útil de 330.00 m³. En el extremo del tanque, hacia el UASB, se acondicionará a lo ancho un muro transversal de 0.30 x 3.40x 7.0 m a un metro de distancia y paralelo al ancho de 7.0 m. El tanque

de cloración dispondrá de un volumen útil total de 21.0 m³ (3.0 x 7.0 x 1.0). El volumen de agua por clorar deberá alcanzar dentro del tanque previsto, una altura de 0.5 m, e ingresará al tanque en forma continua, un caudal de 0.165 L/s. Tendrá un tiempo de contacto de 3.5 horas y la concentración de cloro residual esperada será de 0.1 a 0.2 mg/L, aplicando una dosis de hipoclorito de calcio (Ca(OCl)₂) al 70%.

La dilución se hará en el tanque indicado en el anexo IX. En ningún momento deberá excederse la concentración de cloro residual esperada, ya que su retorno al sistema de tratamiento será perjudicial para el medio biológico dentro del reactor anaerobio de flujo ascendente.

La recirculación del caudal tratado será exclusiva para el lavado de piso de corrales. Se instalará un equipo hidroneumático, 30-50 psi, con capacidad mínima para producir 0.165 L/s. La red de distribución de agua tratada se construirá con tubería PVC C-160, 1"Ø, 212 m de longitud, con cuatro tomas para manguera de 3/4"Ø.

Los elementos descritos que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto para el rastro de porcinos se resumen en el esquema siguiente:

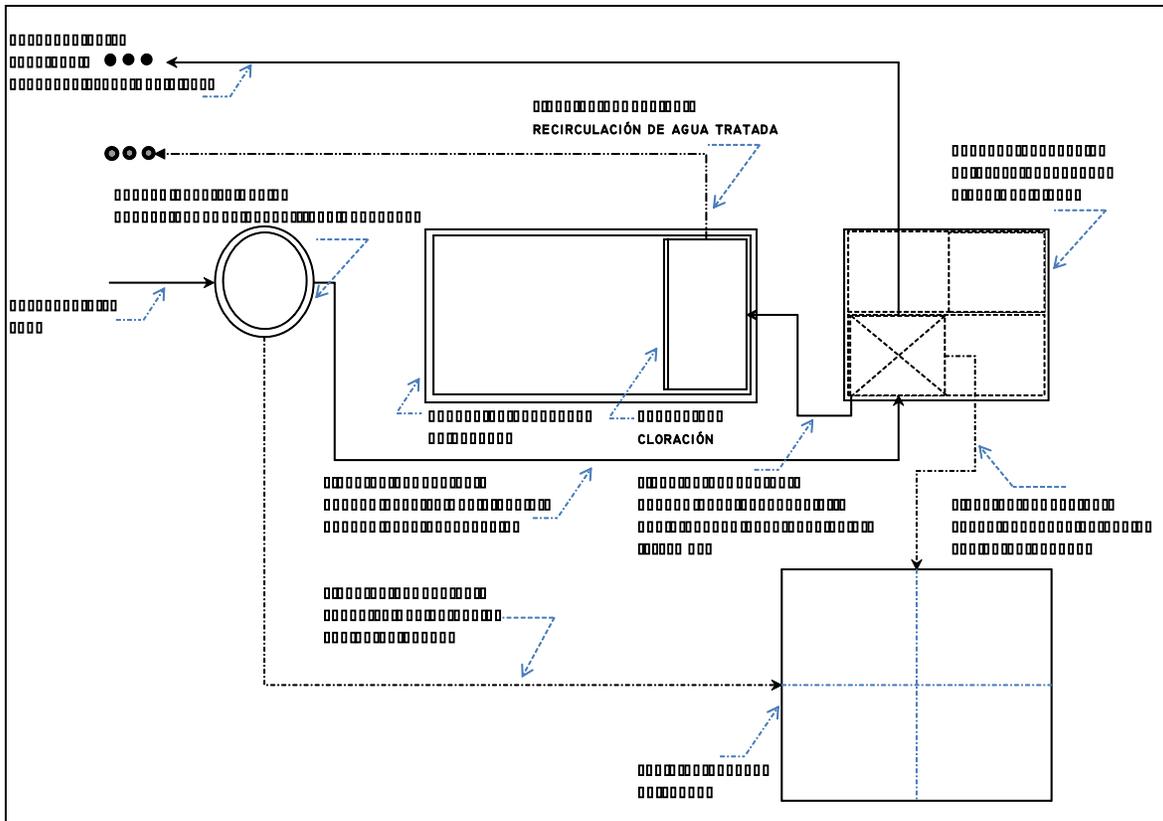


FIGURA 10. **ESQUEMA GENERAL DE LA PROPUESTA DE LA PTAR**

7.6 Costos constructivos

El presupuesto actualizado para la ejecución de las modificaciones a la infraestructura actual asciende a un monto estimado de Q 254,247.98 e incluye los renglones de trabajo indicados en el presente informe, los cuales se resumen en el anexo XI.

7.7 Estimación de costos operativos de la PTAR

El presupuesto de los costos operativos del sistema de tratamiento propuesto es como se detalla a continuación:

Tipo de cambio Q/US \$: Q 8.09/US \$ (25.05.2010)

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
CONDUCCIÓN DEL AFLUENTE A LA PTAR						Q197.39
BOMBA PARA SÓLIDOS, CDT 5m, 0.3 L/s, 2"Ø, CONTROL DE FLOTE		kw-H				
EQUIPO DE BOMBEO PARA SÓLIDOS. CDT 15,0 m, Q 0.55 L/s		Kw-H				
EQUIPO DE BOMBEO PARA SÓLIDOS. CDT 15,0 m, Q 3.3 L/s		Kw-H				
EQUIPO DE BOMBEO PARA SÓLIDOS. CDT 15,0 m, Q 3.3 L/s		Kw-H				
T. TERCARIO / TANQUE DE CLORACIÓN PARA LAVADO DE						Q1,354.42
EQUIPO HIDRONEUMÁTICO PARA RECIRCULACIÓN INTERNA. 3/4 HP 30-		Kw				
HIPOCLORACIÓN		Kg				
						Q1,354.42

TABLA 21. RESUMEN DE COSTOS OPERATIVOS DE LA PTAR

8 RESULTADOS ESPERADOS

8.1 Condiciones esperadas en el efluente de la PTAR

La información del rastro en relación a las AR generadas se resume en el siguiente cuadro:

RESUMEN DE INFORMACIÓN - AGUAS RESIDUALES - CECARSA-				
PROPIETARIO: CENTRO DE CARNES S.A. / CECARSA				
RESPONSABLE: ING. CARLOS BOBURG MORALES.				
GUATEMALA 01 DE ENERO DE 2008				
No	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1	CERDOS FAENADOS POR DÍA (ACTUAL)	c/d	400	PROMEDIO DIARIO
2	CERDOS FAENADOS A FUTURO	c/d	600	PLANES DE CRECIMIENTO A MEDIANO PLAZO
3	CONSUMO DE AGUA POR CERDO	L/c	128.6	VALOR MEDIDO. LITERATURA RASTROS = 140 L/c
4	CONSUMO DE AGUA POR DÍA	M ³ /D	51.4	MATANZA DIARIA PROMEDIO DE 400 c/D
5	CONSUMO DE AGUA POR DÍA (FUTURO)	M ³ /D	77.1	MATANZA FUTURA PROMEDIO DE 600 c/D
6	PRODUCCIÓN DE SANGRE X CERDO	L/C	4.0	PARA PESO PROMEDIO DE 100 KG/CERDO
7	HORARIO LABORAL DIARIO	H/D	9.0	8:00 - 17:00 HORAS DE LUNES A VIERNES
8	PARÁMETROS REPRESENTATIVOS AR			
8.1	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	MG/L	5614	REGLAMENTO 236-2006 REQUIERE 1000 MG/L
8.2	DB05	MG/L	4658	ARTÍCULO #27 AÑO 2024: 200 MG/L
8.3	DB05	Kg/D	195	ARTÍCULO # 26 DEL REGLAMENTO 236-2006

TABLA 22. RESUMEN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL RASTRO

El sistema de tratamiento propuesto para las aguas residuales del rastro es un sistema físico-biológico entre el tratamiento primario y secundario respectivamente y cuya denominación común es un tratamiento biológico. Por lo

tanto, la reducción de DBO₅ podrá ser de 95% ≤ DBO₅ ≤ 99%. Al hacer el balance de masa y asumiendo una reducción de la DBO₅ del 85%, el valor final será de 699 mg/L, que es igual a un valor inicial de 195 kg/día reducido a 29.25 kg/día-DBO₅.

Para el caso de los sólidos suspendidos totales se esperaría una reducción >95%. De alcanzarse una eficiencia del 92% se reducirá de 11.074 mg/L a 886 mg/L. Por último, para los sólidos suspendidos se espera una reducción del 95%, desde un valor inicial de 5614 mg/L a un valor final de 561 mg/L.

8.2 Objetivos de reducción. Decreto 236-2006

El modelo de reducción progresiva para CECARSA, según el artículo 28 del Decreto 236-2006 referente a los límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público, es el siguiente:

RESULTADOS CERCARSA -OCTUBRE 2007-					
DBO ₅ :	4658	mg/L			
Caudal:	6.70	m ³ /h	1.86	L/s	
Operación:	9	h/d			
VID:	280.71	Kg/d			
1a FASE DE APLICACIÓN / DURACIÓN 5 AÑOS					
Carga inicial fase 1, Cl:	3000≤EG<6000	6000<EG<12000	12000<EG<25000	25000<EG<500000	50000<EG<250000
Reducción, %:	10	20	30	35	50
Reducción, Kg/d:	28.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Carga final fase 1, CF:	252.64	0.00	0.00	0.00	0.00
2a FASE DE APLICACIÓN / DURACIÓN 4 AÑOS					
Carga inicial fase 2, Cl:	3000≤EG<6000	6000<EG<12000	12000<EG<25000	25000<EG<500000	50000<EG<250000
Reducción, %:	10	20	40	45	50
Reducción, Kg/d:	25.26	0.00	0.00	0.00	0.00
Carga final fase 2, CF:	227.37	0.00	0.00	0.00	0.00
3a FASE DE APLICACIÓN / DURACIÓN 5 AÑOS					
Carga inicial fase 3, Cl:	3000≤EG<6000	6000<EG<12000	12000<EG<25000	25000<EG<500000	
Reducción, %:	50	70	85	90	
Reducción, Kg/d:	113.69	0.00	0.00	0.00	
Carga final fase 3, CF:	113.69	0.00	0.00	0.00	
4a FASE DE APLICACIÓN / DURACIÓN 4 AÑOS					
Carga inicial fase 4, Cl:	3000≤EG<6000	6000<EG<12000			
Reducción, %:	40	60			
Reducción, Kg/d:	45.47	0.00			
Carga final fase 4, CF:	68.21	0.00			
EG: Ente Generador					
VID: Valor Inicial de Descarga					
TABLA 23. OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE CECARSA, DECRETO 236-2006					

8.3 Producción de biogás

Por la naturaleza de la solución que se propone para el tratamiento de las aguas residuales del rastro de porcinos en zona 17, el sistema tendrá la capacidad para generar biogás. Este objetivo, aún cuando escapa a los fines del presente estudio de investigación, en el anexo XII se adiciona una memoria de cálculo, en la que pueden apreciarse los resultados esperados y el valor económico del sub producto.

En resumen, podría obtenerse un total de 16 m³/día de biogás, con un poder calorífico de 5.98 Kw-h/m³, equivalentes a 95 Kw/hora al mes, con un valor económico de Q 5,466.15 /mensuales.

9. CONCLUSIONES

1. Las aguas residuales generadas por el rastro de porcinos de la zona 17, ciudad de Guatemala, son biodegradables, siempre y cuando se mantenga un buen control de la descarga generada en corrales. Dicho control se refiere a que las descargas del lavado de pisos de corrales deberán estar presentes durante el 50% de las horas laborales, ya que de otra forma, la suma de las descargas del proceso de producción y lavado de pisos en cuartos fríos transformarán el afluente a la PTAR en aguas tóxicas para el medio de digestión biológico del UASB.
2. El reuso del efluente de la PTAR del rastro de porcinos en la zona 17, ciudad de Guatemala, no es posible, dada su ubicación geográfica y su descarga más favorable es al colector municipal. Aún así, las características del agua tratada, las hacen especialmente adecuadas para aplicaciones forestales.

3. Aún cuando el reglamento lo excluye de la categoría de reuso, la recirculación de agua tratada para lavado de pisos de corrales representará un ahorro mensual de agua bombeada del pozo, equivalente a 250 m³/mes.
4. Tomando como medida de comparación otros estudios similares realizados en Colombia y México respectivamente, se pudo determinar: 4.1) La carga contaminante aplicada a las aguas residuales por el Centro de Carnes S.A. representa el 80% de la magnitud medida en el mismo tipo de efluentes. 4.2) El consumo de agua por cerdo en el Centro de Carnes S.A. representa el 94% del consumo promedio medido en otros estudios similares.
5. Los costos constructivos de las modificaciones propuestas a la infraestructura existente, ascienden a Q 254,247.98 (Tipo de cambio Q/US\$: Q 8.09/US\$). Los costos operativos mensuales del sistema de tratamiento propuesto al mes de junio de 2010 ascienden a Q 1 354,42.
6. El volumen total del UASB existente es cuatro veces mayor al volumen del medio necesario para el tratamiento biológico del efluente del rastro. Esto significa que para lograr un balance adecuado entre los tiempos de retención hidráulica, carga superficial y volumétrica, dentro de los rangos recomendables de operación, es necesaria su modificación; de tal forma que el área aprovechable del reactor se reduzca de 52.0 m² a 13.1 m².
7. Los trabajos inevitables de fumigación dentro del rastro, especialmente en el área de faenado, deberán acompañarse de actividades de operación que implican la apertura y cierre de válvulas en la caja de vertido de las AR hacia la trampa de grasas, de forma que las aguas iniciales del lavado de los residuos de los plaguicidas sean vertidos temporalmente a un pozo de absorción, evitando la contaminación del afluente a la PTAR y la consecuente destrucción del medio biológico del tratamiento.

8. Es necesario instalar cajas para medición de caudales, toma de muestras y rejillas de desbaste, en el afluente y efluente de la PTAR respectivamente. La caja del efluente no incluirá las rejillas para sólidos.
9. La hipótesis planteada se cumple con respecto a las características típicas de las aguas residuales generadas en rastros de porcinos; no así en lo relacionado a los sistemas de tratamiento ya que estos deben desarrollarse como una solución propia a las condiciones del afluente y se diseñan en función de las características de salida esperadas, las cuales están establecidas en la regulación específica.

10. RECOMENDACIONES

- Mantener control en el vertido de aguas residuales en el lavado de corrales, de forma que puedan mantenerse condiciones biodegradables en el afluente a la PTAR. Tiempo de vertido $\geq 50\%$ del tiempo de operación diaria del rastro.
- Para la operación permanente del UASB es indispensable efectuar las modificaciones propuestas en la caja unificadora de caudales que se encuentra en la salida de las aguas para el lavado de sangre del degollado, caldeo y depilación, previo al ingreso al tanque desengrasante.
- Aún cuando la recirculación de agua para lavado de pisos en corrales es optativa, los gastos operativos de rebombeo de agua hacen recomendable su uso, cuando se comparan con el gasto de energía consumida por la bomba del pozo de agua limpia. Aún así, debe privilegiarse el ahorro del recurso, mediante la recirculación interna, dadas las condiciones actuales de escasez y el uso inapropiado de agua limpia para el arrastre de excretas de cerdo en corrales.

- Para que el medio de digestión biológico dentro del UASB pueda operar apropiadamente, el área de percolación deberá reducirse a un 25% del área total disponible.
- Efectuar estudios de investigación posteriores, relacionados con la aplicación de desinfectantes y los efectos de la fumigación periódica de la planta de producción y sus posibles efectos en el tratamiento biológico de las aguas residuales generadas por el rastro de porcinos.
- La solución propuesta para la PTAR del rastro de porcinos es susceptible de mejorarse y, para su diseño final, es conveniente tomar como punto de referencia las recomendaciones emanadas del presente estudio de investigación.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Androvetto, Eugenio. 2003. **Diseño y operación de un modelo para el tratamiento de las aguas residuales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala**. Tesis. M.Sc. Guatemala, USAC, ERIS.
- Barbosa Ramírez, M. 1990. **Transformación de un tanque Imhoff en un RAFA y su evaluación sanitaria**. Tesis. M.Sc. Guatemala, USAC, ERIS. Pág. 17.
- Caldera, Yaxcelys. Et. Al. 2003. **Efecto del tiempo de retención hidráulica en el funcionamiento de un UASB tratando efluentes cárnicos**. Multiciencias Universidad del Zulia. Venezuela. (En línea) Consultado: 25 de mayo 2010. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/904/90430105.pdf>

- Calvo Gutiérrez, JA. 1997. **Propuesta para el tratamiento y utilización de las aguas residuales provenientes del rastro de porcinos del municipio de Santa Catarina Pinula de Guatemala**. Tesis. M.Sc. Guatemala, USAC, ERIS. 64 p.
- Ericsen, 1978. **Mataderos y degolladeros rurales: su proyecto y construcción**. Roma FAO.
- Melcalf & Eddy, 1996. **Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización**. 3a. Ed. Volumen I. México. Mc Graw-hill
- Ministerio del Medio Ambiente. Colombia. 2002. **Guía ambiental para la formulación de planes de pretratamiento de efluentes industriales**. Fotolito América pp. 62-65.
- Monge y Del Cid. 2006. **Análisis de la calidad del agua residual del Hospital General de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y propuesta de tratamiento (13 avenida 1-51 zona 4 de Mixco, colonia Monte Real)**. Tesis. M.Sc. Guatemala, USAC, ERIS.
- Much Santos, Zenón. **Apuntes sobre aguas negras. Aspectos relacionados con las descargas de aguas residuales de origen doméstico**. ERIS. Folleto. 2ª Ed. Guatemala. 45 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. 1997. **Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo**. (En línea). Consultado: 28 de junio de 2007 en <http://www.fao.org/docrep/004/t0566s/T0566S00.HTM>

- Programa Ambiental Regional para Centroamérica PROARCA. **Guía básica de manejo ambiental de rastros municipales**. Versión 2004. (En línea) Consultado: 04 de noviembre de 2007. Disponible en: http://www.proarca.org/p_proarca/pdf_sigma/rastros
- Programa Ambiental Regional para Centroamérica PROARCA. 2004. **Guía práctica de monitoreo de procesos de tratamiento de aguas residuales**. El Salvador. (En línea) Consultado: 04 de noviembre de 2007. Disponible en: http://www.proarca.org/p_proarca/pdf_sigma/tratamiento_aguasresiduales
- PROARCA/SIGMA. **Programa de buenas prácticas operativas de producción más limpia para la industria de mataderos**. Centro de Producción más Limpia de Nicaragua.
- Signorini Pochietto, Marcelo. 2006. **Evaluación de los riesgos de los rastros municipales**. D.F. México.
- Barbosa Ramírez, M. 1990. **Transformación de un tanque Imhoff en un RAFA y su evaluación sanitaria**. Tesis. M.Sc. Guatemala, USAC, ERIS. Pág. 17.

ANEXOS

ANEXO I

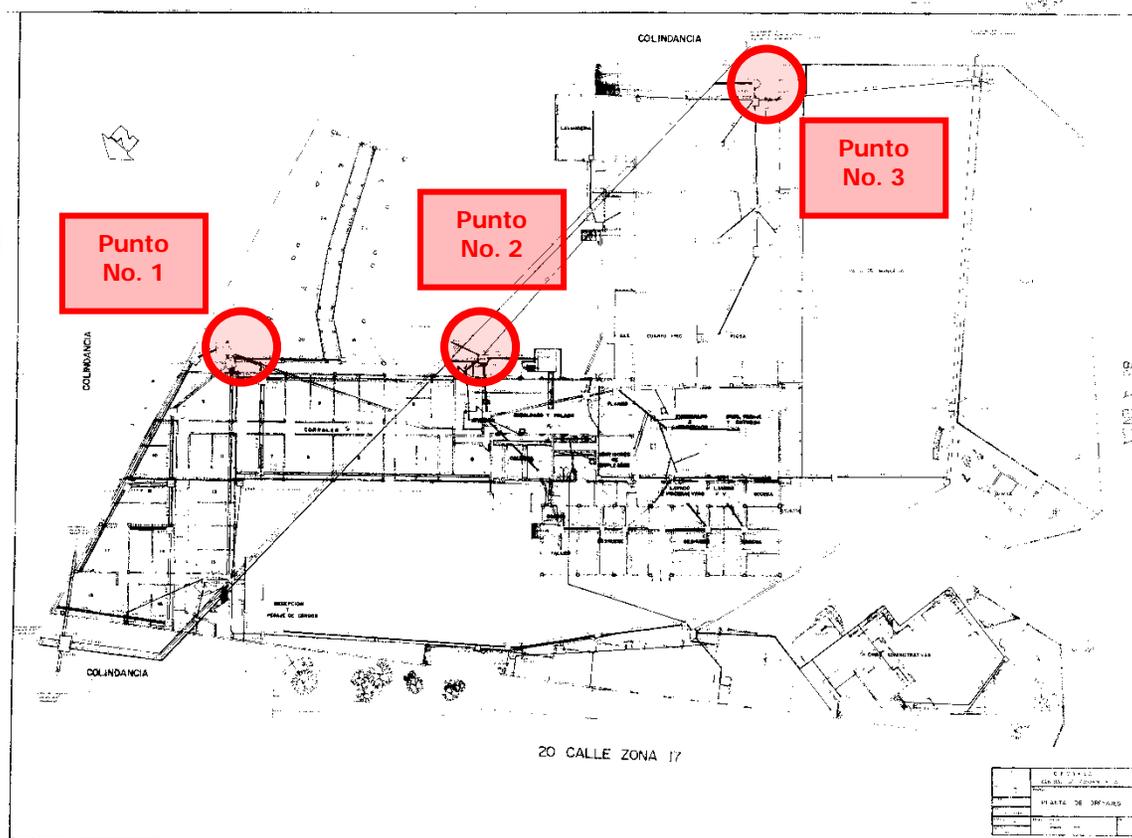


FIGURA II. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

ANEXO II

Punto de Muestreo No. 1												
Parámetro Unidades Reg 236-2006 Condición	PARAMETROS FISICOS			SOLIDOS			PARAMETROS QUIMICOS					DOO/DBO5
	pH u 6.5pH-8.5 6.5pH-9 Cumple	Temp °C 34°C <40°C Cumple	Q L/s	Sed. cm³/L 1 hora	Suspen. mg/L	Tot. mg/L	Volat. mg/L	DBO5 mg/L	DQO mg/L	NO3 mg/L	PO4 mg/L	
Fecha												
12.03.2007	8.623	22.233	0.517	90.0	6.800	21.644	10.415	4.233	12.255	1820	187	2.89511
03.05.2007	8.630	23.920	0.665	250.0	28.400	17.984	10.373	8.201	18.700	1.740	161	2.28021
16.08.2007	7.847	25.760	0.570	140.0	10.100	17.737	12.491	10.728	19.880	80	220	1.85309
17.08.2007	7.855	23.570	0.530	250.0	25.100	57.229	18.400	7663	17.500	1.140	50	2.28370
20.09.2007	9.140	24.140	0.540	85.0	2.440	10.131	7.000	19.989	12.480	1.940	242	0.62406
21.09.2007	8.110	23.110	0.580	88.0	5.600	5.138	3.600	3.333	13.500	2.140	132	4.05041
RESULTADOS DE MEDICIONES Y ANALISIS DE LABORATORIO:												
PARAMETROS ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS:												
PROMEDIO	8.368	23.789	0.5669	150.50	13240.00	21643.80	10379.79	6831.60	15719.17	1476.67	165.33	2.30
MEDIANA	8.367	23.745	0.5550	115.00	8450.00	17860.50	10393.68	7663.00	15500.00	1760.00	174.00	2.28
PROM GEOM	8.354	23.765	0.5649	134.39	9406.00	16552.38	9248.29	6246.74	15417.94	1030.71	148.16	2.57
PROM ARIM	8.341	23.741	0.5630	121.50	6605.53	12795.29	8027.16	5689.47	15123.93	387.49	125.49	2.49
Max	9.140	25.760	0.6650	250.00	29400.00	57229.00	18400.00	10728.00	19880.00	2140.00	242.00	4.05
Min	7.847	22.233	0.5167	85.00	2440.00	5138.00	3600.00	3333.00	12255.00	80.00	50.00	1.85

1) Los periodos diarios de lavado en corrales corresponden al 52 % del tiempo laboral de 9.0 Hrs/día

2) El caudal en este punto es: 0.567 L/s

4.68 Horas/día (52% de 9.0 hrs laborales)

9.55 m³/día

248.35 m³/mes

2.30

3) Relación de biodegradabilidad DQO/DBO5:

TABLA 24. TABLAS DE RESULTADOS PARCIALES PTOS. DE MUESTREO # 1 Y #2

ANEXO III

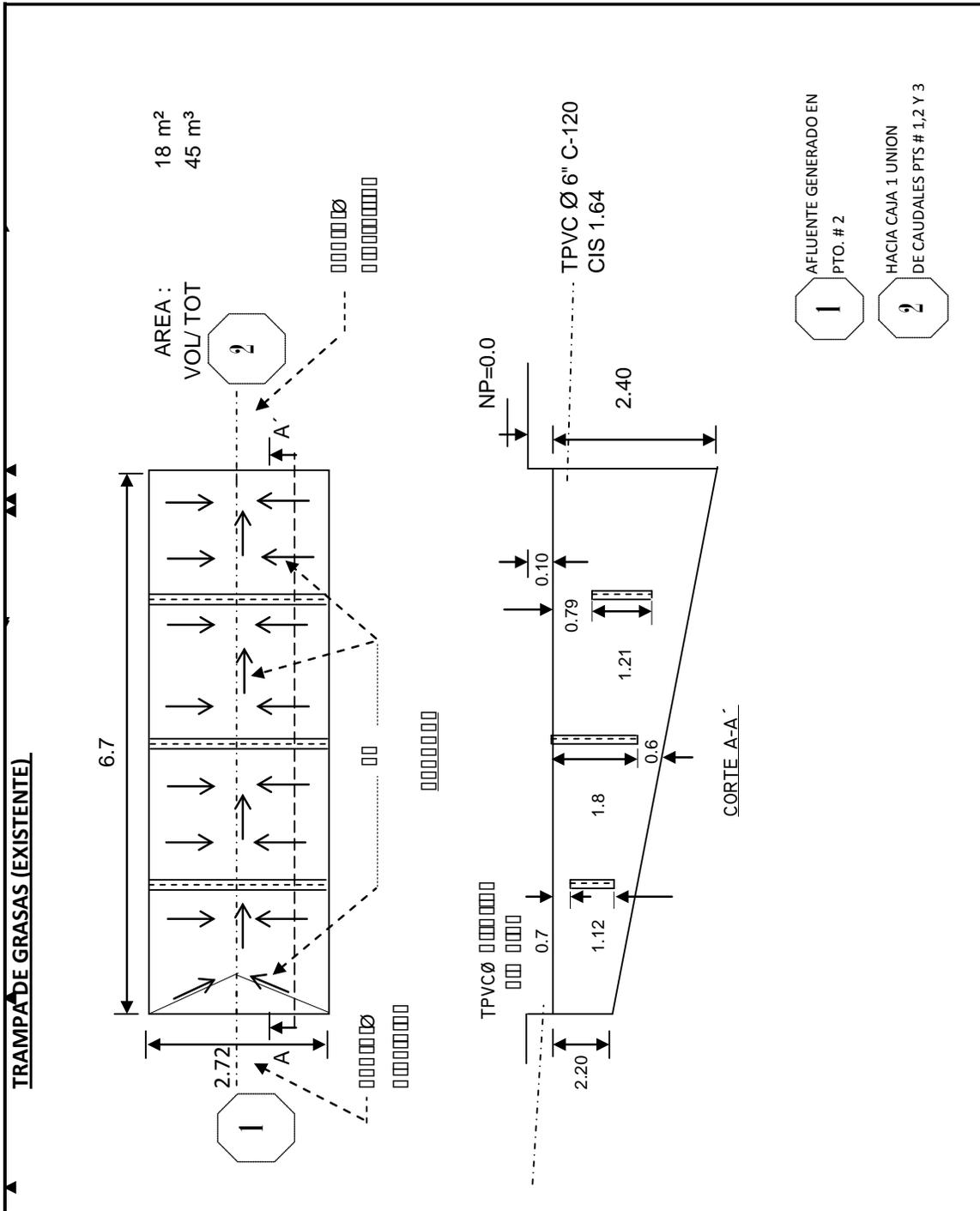


FIGURA 12. PLANO. TRAMPA DE GRASAS.

ANEXO IV

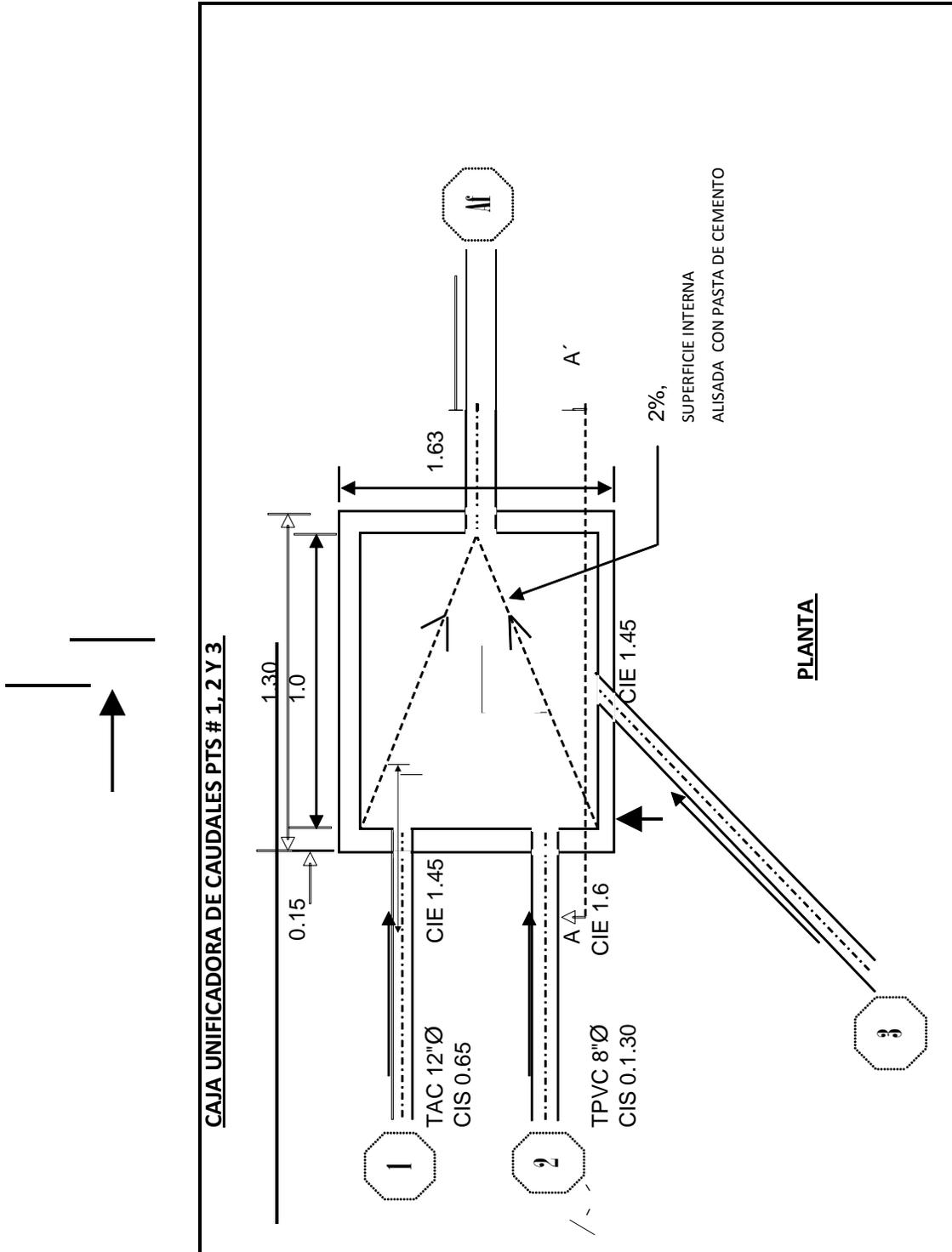


FIGURA 13. **PLANO DE CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES**

ANEXO V

FIGURA 14. PLANO DE CAJA P/ TOMA DE MUESTRAS, AFOROS Y REJILLAS

ANEXO VIII

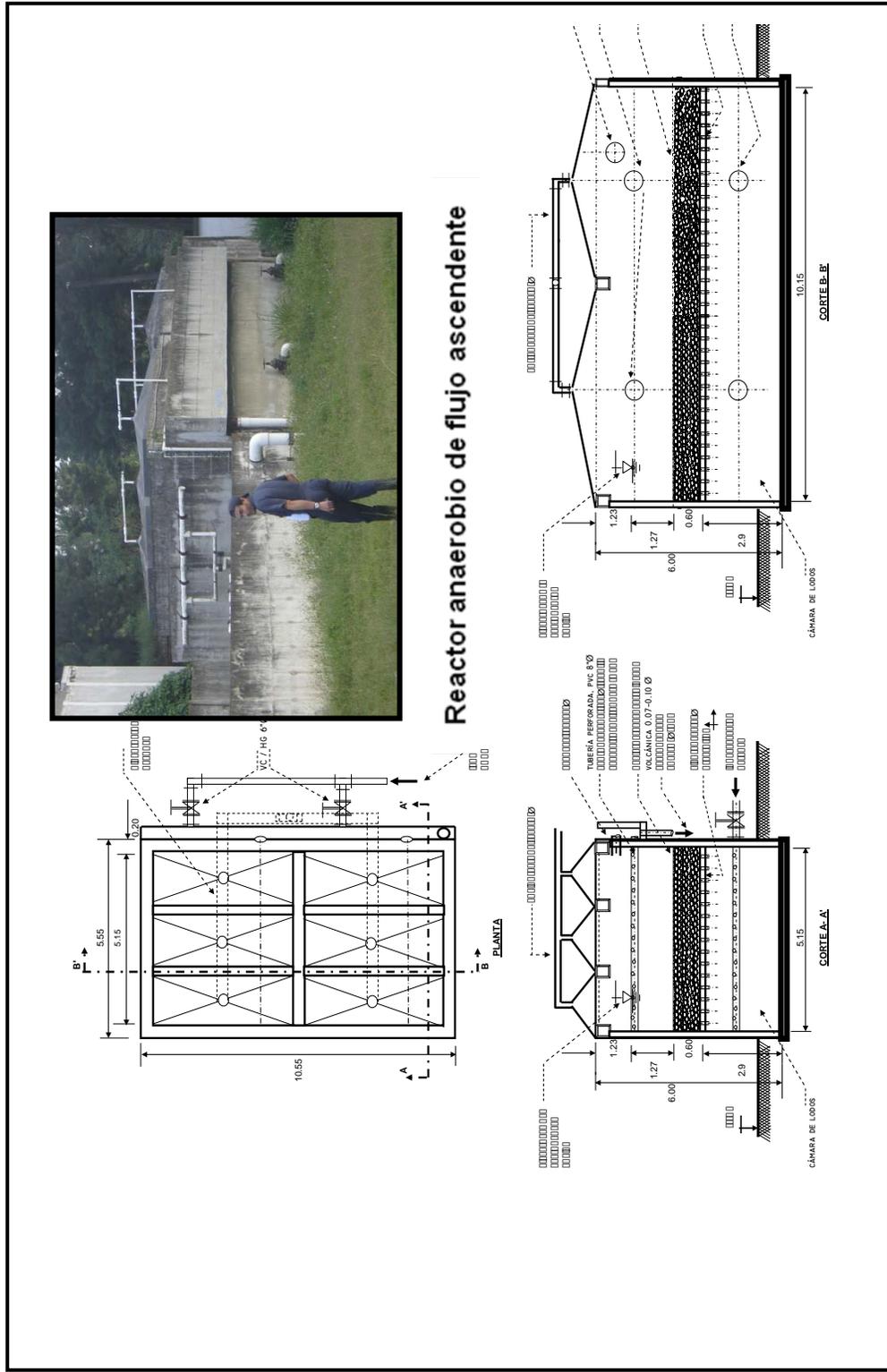


FIGURA 17. PLANO. REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE.

ANEXO X

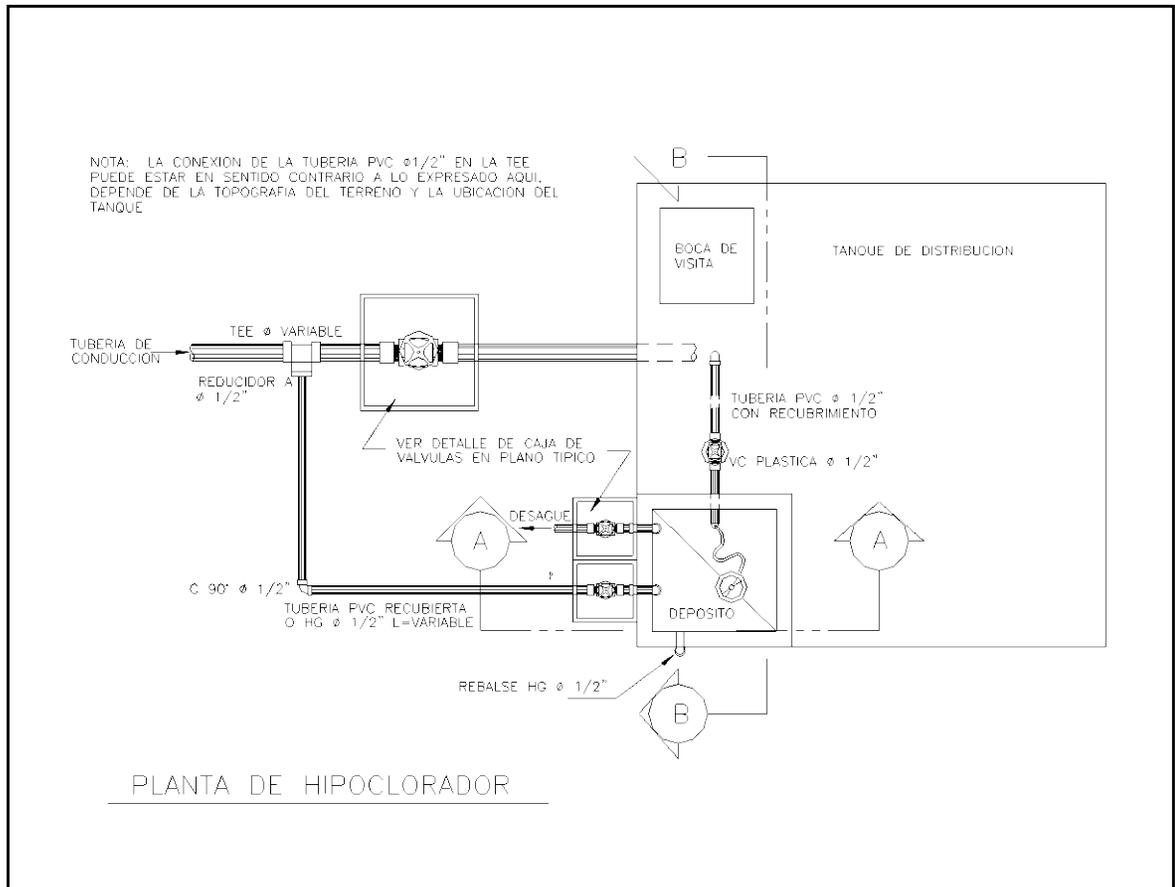


FIGURA 18. DESINFECCIÓN MEDIANTE EL USO DE HIPOCLORADOR.

CONT. ANEXO X

TABLA No. 1

HIPOCLORITO NECESARIO PARA PREPARAR SOLUCION AL 0.1%						
VOLUMEN DE SOLUCION REQUERIDA	CANTIDAD DE HIPOCLORITO					
	65 %	66 %	67 %	68 %	69 %	70 %
LITROS	GRAMOS	GRAMOS	GRAMOS	GRAMOS	GRAMOS	GRAMOS
1	1.54	1.52	1.49	1.47	1.45	1.43
2	3.08	3.03	2.99	2.94	2.90	2.86
10	15.38	15.15	14.93	14.71	14.49	14.29
25	38.46	37.88	37.31	36.76	36.23	35.71
50	76.92	75.76	74.63	73.53	72.46	71.43
75	115.38	113.64	111.94	110.29	108.70	107.14
100	153.85	151.52	149.25	147.06	144.93	142.86
300	153.85	454.55	447.76	441.18	434.78	428.57
500	769.23	757.58	746.27	7385.29	724.64	724.64
600	923.08	909.09	895.52	882.52	869.57	869.57
1000	1538.46	1515.15	1492.54	1470.59	1449.28	1428.57
1 lb. = 460 gramos VOLUMEN DEL DEPOSITO A UTILIZARSE 1000 Its. DOSIFICAR 3 LIBRAS Y 1 ONZA PARA 65% DOSIFICAR 3 LIBRAS PARA 70%						

PRAPARACION DE LA SOLUCION DE HIPOCLORADOR INSTRUCCIONES

- 1.- PREPARAR LA SOLUCION COCENTRADA DE HIPOCLORITO DE SODIO EN OTRO TANQUE O DEPOSITO MEZCLANDOLA PERFECTAMENTE. LA TABLA 1 INDICA LA CANTIDAD DE CLOROGENO NECESARIA PARA PREPARAR UNA SOLUCION AL 0.10% (1000p.p.m)
- 2.- DEJAR SEDIMENTAR LA SOLUCION. EL LIQUIDO CLARO PASARLO AL DEPOSITO DEL HIPOCLORADOR EL SEDIMENTO DESECHARLO YA QUE ES INACTIVO Y PRODUCE TAPONAMIENTOS EN LA TUBERIA
- 3.- LA TABLA 2 INDICA EL VOLUMEN DE SOLUCION AL 0.1% RESPECTIVAMENTE, NECESARIA PARA APLICAR DURANTE DOS DIAS COMO MINIMO PARA DIFERENTES CAUDALES DE DISENO
- 4.- PARA VERIAR LA DOSIFICACION GRADUAR EL CAUDAL CON LOS RESPECTIVAMENTE, NECESARIA PARA RANURA DOSIFICADORA.
- 5.- LA CAIDA DE LA SOLUCION DE HIPOCLORITO AL TANQUE DEBERA SER NORMAL A LA ENTRADA DE AGUA PROCEDENTE DE LA CONDUCCION, O EN OTROS PALABRAS, DEBERA CAER LA SOLUCION DE HIPOCLORITO SOBRE EL CHORRO DE AGUA QUE ENTRA AL TANQUE PROCEDENTE DE LA CONDUCCION, CON EL OBJETO DE LOGRAR UNA BUENA MEZCLA EN UN TIEMPO RELATIVAMENTE CORTO.
- 6.- EL PERIODO DE CONTACTO EN EL TANQUE DE DISTRIBUCION SERA COMO MINIMO DE DOS HORAS, TIEMPO DURANTE EL CUAL EL AGUA NO PASARA A LA RED DE DISTRIBUCION. ESTO SOLO SE HACE CUANDO SE INICIA EL PROCESO DE CLORACION

CONT. ANEXO X

VOLUMEN DE SOLUCION AL 0.1% QUE TIENE QUE INGRESAR AL TANQUE PARA DOSIFICAR 1 mg/l		
CAUDAL DEL SISTEMA	CANTIDAD NECESARIA DE SOLUCION	
	l/s	l/Hora
0.50	1.80	43.20
0.60	2.16	51.84
0.70	2.52	60.48
0.80	2.88	69.12
0.90	3.24	77.76
1.00	3.60	86.40
1.10	3.96	95.04
1.20	4.32	103.68
1.30	4.68	112.32
1.40	5.04	120.96
1.50	5.40	129.60
1.60	5.78	138.24
1.70	6.12	146.88
1.80	6.48	155.52
1.90	6.84	164.16
2.00	7.20	172.80
2.10	7.56	181.44
2.20	7.92	190.08
2.30	8.28	198.72
2.40	8.64	207.36
2.50	9.00	216.00
2.60	9.36	224.64
2.70	9.72	233.28
2.80	10.08	241.92
2.90	10.44	250.56
3.00	10.80	259.20
3.30	11.88	285.12
3.50	12.60	302.40
4.00	14.40	345.60
4.50	16.20	388.80
5.00	18.00	432.00
5.50	19.80	475.20
6.00	21.60	518.40

ANEXO XI

Tipo de cambio Q/US \$:Q 8.09/US \$ (25.05.2010)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	CONDUCCIÓN DEL AFLUENTE A LA PTAR						Q68,281.14
	MODIFICACIÓN A CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES	global	1				
	VÁLVULAS COMPUERTA, DESCARGAS DE CAJA UNIFIC.	u	1				
	BOMBA PARA SÓLIDOS, CDT 5M, 0.3 L/S, 2"Ø,CONTROL DE FLOTE	global	1				
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN PTO.3 CON CAJA UNIFICADORA DE	u	1				
	CONSTRUCCIÓN DE CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES, 1.3X1.30X	m	1				
	CONSTRUCCIÓN DE CAJA PARA TOMA DE MUESTRAS, AFOROS,	u	1				
	Y REJILLAS, 1.55X1.0X1.65M VER DETALLES. INCLUYE VÁLVULA	u	1				
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE LA CAJA P/ TOMA DE MUESTRAS	m	1				
		global	1				
	EQUIPO DE BOMBEO PARA SÓLIDOS. CDT 15,0 M, Q 0.55 L/S						
	EQUIPO DE BOMBEO PARA SÓLIDOS. CDT 15,0 M, Q 3.3 L/S	u	1				
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN HACIA T. SECUNDARIO.	m	1				
		global	1				
	TUBERÍA DE DESCARGA.HACIA T. TERCIARIO. PVC ASTM D-3034						
		m ²	1				
		m	1				
	T. TERCIARIO / TANQUE DE CLORACIÓN PARA LAVADO DE						
		m ²	1				
	Excavación	m ³	1				
	TUBERÍA PERFORADA P/LIXIVIADOS PVC SDR 41, 6"Ø	m	1				
		u	1				
		m ²	1				
	EQUIPO HIDRONEUMÁTICO PARA RECIRCULACIÓN INTERNA. 3/4 HP 30-	u	1				
	TUBERÍA PVC C-160, 1"Ø.	m	1				
		global	1				
TOTAL							Q254,247.98

FIGURA 19. PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR.

ANEXO XII

OPORTUNIDAD PARA PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE BIOGAS

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS:

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS:

DATOS TEÓRICOS:

No. De CERDOS POR DÍA	000 c/día
ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS:	000 0000
	00 00
	0 000
	00
% DE MATERIAL SÓLIDO ORGÁNICO DE FERMENTACIÓN	000
PRODUCCIÓN DE BIOGAS	000 00000
PRODUCCIÓN ESTIMADA DE BIOGAS	0000 0³

USANDO DATOS TEÓRICOS:

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS:	0000 0³	por C/ Kg de DBO oxidada
	0000 0000	
% DE REMOCIÓN	000 000000000000	
DQO ÚLTIMA	000000 0000	
	0000000 0000³	
	000 0³	
	00 00000	
PRODUCCIÓN DE GAS	00000 0³	

LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS SERÁ:

0000 0³

PODER CALORÍFICO
ENERGÍA DIARIA PRODUCIDA EQUIVALENTE
PRECIO DEL KWH ELÉCTRICO EQUIVALENTE
VALOR ECONÓMICO MENSUAL DEL GAS

0000 000
00 00000
0000 00000³ PARA EL BIOGAS
00000 000
0000 00000000

ETAPAS DE LA FERMENTACIÓN ANAEROBIA

TRES GRUPOS DE BACTERIAS ANAEROBIAS PARTICIPAN EN LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA:

ACETANOGÉNICAS

METANOGÉNICAS

LAS BACTERIAS METANOGÉNICAS SE SUBDIVIDEN EN

ACETANOCLÁSTICAS

HIDROGENOTRÓFICAS

LA FERMENTACIÓN ANAEROBIA OCURRE EN 3 ETAPAS:

HIDRÓLISIS:

LAS BACTERIAS FERMENTATIVAS NO PUEDEN ASIMILAR LAS CADENAS POLIMÉRICAS PRESENTES EN EL SUSTRATO. ESTAS EXCRETAN ENZIMAS CONVIRTIENDO LOS POLÍMEROS COMPLEJOS EN POLÍMEROS SOLUBLES O MONÓMEROS (AZÚCARES, AMINOÁCIDOS Y ÁCIDOS GRASOS) ES FUNCIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD.

ACIDOGÉNESIS:

HIDRÓLISIS Y SE OBTIENEN PRINCIPALMENTE ÁCIDOS ORGÁNICOS SATURADOS (ACETATO, PROPIONATO, BUTIRATO, HIDRÓGENO Y DIÓXIDO DE CARBONO). TAMBIÉN SE PRODUCE ÁCIDOS FÓRMICO, LÁCTICO, VALÉRICO.

ACETANOGÉNESIS:

SE DEGRADAN LOS ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES, A ÁCIDO ACÉTICO, HIDRÓGENO Y CO₂. EL CRECIMIENTO DE LAS BACTERIAS ACETANOGÉNICAS SE PRODUCE A BAJAS PRESIONES DE HIDRÓGENO. SE CREA UNA INTERDEPENDENCIA CON LAS HIDROGENOCLÁSTICAS LAS CUALES REDUCEN EL HIDRÓGENO Y PROPICIAN LA PROLIFERACIÓN DE LAS PRIMERAS, MANTENIENDO LAS CONDICIONES AMBIENTALES APROPIADAS.

METANOGÉNESIS:

SE PRODUCE LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DISUELTA EN EL AGUA, Y LA RECUPERACIÓN DE ENERGÍA EN FORMA DE METANO. ESTAS BACTERIAS CRECEN MUY LENTO Y SON CONSIDERADAS METANOGÉNICAS, ACETANOCLÁSTICAS, Y METANOGÉNICAS HIDROGENOCLÁSTICAS.

COMPOSICIÓN DEL BIOGAS

METANO	CH ₄	60-70	%
GAS CARBÓNICO	CO ₂	30-40	%
HIDRÓGENO	H ₂	1	%
NITRÓGENO	N ₂	0.5	%
MÓXIDO DE C	CO	0.1	%
ÁCIDO SULFÚDRICO	H ₂ S	0.1	%

PROPANO	9.94	000 000³
BUTANO	25.96	00 000³
GAS NAT	34.02	00 000³
GAS CITY	7.52	00 000³
	4.07	00 000³

FIGURA 20. MEMORIA DE CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

ANEXO XIII

CUESTIONARIO PARA LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria –ERIS-
Maestría en Ingeniería Sanitaria
Estudio Especial I
Ing. Carlos Federico Guillermo Boburg Morales

ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE MODELO DE TRATAMIENTO SANITARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DE SU REUTILIZACIÓN EN EL CENTRO DE CARNES S.A., UBICADO EN LA 8ª AVENIDA Y 20 CALLE ZONA 17, CIUDAD DE GUATEMALA

RECOPIACIÓN DE DATOS INICIALES – CUESTIONARIO No. 1

1. Tiempo de existencia CECARSA 10 años

Notas:

Inicio de operaciones en el año 1997.

2. Si CECARSA cambió de ubicación, el tiempo de permanencia en el sitio actual:
El sitio de ubicación es el mismo. 10 años en zona 17, en el mismo predio.

3. Documentación legal que se dispone, que acredita su ubicación:
Existe un contrato de usufructo con la municipalidad de Guatemala el cual formó parte del proyecto PROMECA con el apoyo de la Cooperación Técnica Alemana –GTZ-

4. En caso de que existan derechos de paso vigentes, indique cuales:

No existen. Lo que se previó al momento de su construcción fue, de que se obligaba a que los registros del sistema de alcantarillado público quedaran ubicados fuera del predio del Rastro.

5. Indicar el desarrollo de la capacidad que la planta ha tenido, en términos de capacidad, fechas y las expectativas de crecimiento en el corto, mediano y largo plazo:

En el año 1996 se previó una capacidad máxima de faenado de 400 cerdos/día. Al día de hoy, para mediados de 2007, se procesan en promedio 350 cerdos/día hasta un máximo de 400 cerdos/día en el mes de diciembre e inicios de enero. Se considera que en los siguientes 5 años habrá un incremento de la producción a 800 cerdos/día. La administración del Rastro cree que si existe un alto riesgo de que en algún momento se limite la producción local de carne de cerdo como resultado del incremento significativo de las importaciones de carne de cerdo.

6. **Cómo la administración anticipa el crecimiento del mercado en el corto, mediano y largo plazo, en relación con los servicios que el rastro presta.**

Se considera que los costos de la energía en Guatemala limitan la competitividad, sumado al problema reciente del encarecimiento desmedido de los combustibles. El hecho de que los EEUU subsidien a sus productores, sumado a una desventaja sustancial en la producción contra una con elevada economía de escala. Llevamos las de perder. Existe una gran cantidad de prestadores del mismo servicio que lo hacen de forma clandestina, y no hay forma de que se empiece a cumplir la normativa vigente. En la capital se estiman en 1000 día, la mananza de animales sin control sanitario.

7. **¿Conoce la administración sobre alguna regulación internacional acerca de rastros, y la necesidad de su cumplimiento en el mediano plazo?**

Los tratados de libre comercio ponen en desventaja en el mediano plazo a la producción nacional. Lo que queda latente es la inexistencia y no se ve por ningún lado, el surgimiento de nuevas regulaciones que combatan la competencia desleal que genera la economía informal en este tipo de negocio.

8. **Sobre la tubería municipal que pasa actualmente a través del predio. Su origen y su situación actual.**

Está relacionado con lo expuesto en la respuesta de la tercera pregunta. Se conocía dicha situación al momento de construir. Hay derecho adquirido mediante el documento que se menciona. Sencillamente se procedió a construir con apego al convenio propiamente dicho.

9. **En el tema de la infraestructura existente para la generación de biogás:**

a. **Características más importantes: indicar componentes y sus condiciones actuales, rasgos constructivos, material, capacidades, especificaciones técnicas.**

b. **Origen de su construcción. Justificación.**

c. **Razones del abandono del proyecto.**

d. **Posibilidad de uso de algunos de sus componentes particulares.**

e. Condiciones topográficas que permiten el drenado por gravedad. Puntos de drenado y bombeo.

Imposible realizar el proceso sin tener que bombear. Existen dentro del proceso previsto para la generación de biogás, tres puntos que no se pueden eliminar, donde deben existir bombas para otorgarle al fluido cierta carga hidráulica, hasta que en su recorrido nuevamente se agota.

10. Consumo total de agua.

Se estima en 1,100 m³/mes. Equivalen a 36.6 m³/día. Cada día representa 10 horas de trabajo.

11. Caudal producido por el pozo propio y caudal municipal utilizado.

12. Costos del agua utilizada. Del pozo propio. Del servicio municipal.

13. Identificación de servicios para la posible reutilización del agua tratada. (Reducción de las descargas al drenaje municipal)

1) Prelavado de corrales. 2) Recirculación con tratamiento intermedio, del agua del tanque de escaldado. Riego de áreas verdes. (Actualmente no existen formalmente. Para la administración es prioritaria la inocuidad del medio, y el control de todo tipo de vectores).

ANEXO XIV

Estudio técnico

En cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, del 05 de mayo de 2006 referente a la emisión del **REGLAMENTO DE DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS**, Cap.III, Art.5 ESTUDIO TÉCNICO Y Art.6 CONTENIDO DEL ESTUDIO TÉCNICO, a favor de:

Nombre: CENTRO DE CARNES S.A./CECARSA

Dirección: 8a. Avenida y 20 Calle zona 17. Ciudad Guatemala

Fecha: 01 de enero de 2008

Vencimiento: 01 de enero de 2013 Art.10 /reg.236-2006)

Responsable: Ing. Carlos Boburg Morales

Colegiado: 4289

Acreditación: M.Sc. Ing. Sanitario /Pendiente Examen Público.

Ciudad de Guatemala, 02 de enero de 2008.

I. INFORMACIÓN GENERAL:

a) **Nombre:** Centro de Carnes S.A. / CECARSA

b) **Representante del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales:**

c) **Descripción de la Actividad:**

Rastro de porcinos.-

d) **Horarios de descarga de AR:**

8:00 - 17:00 Hrs. Lunes a viernes, y sábado de 8:00 -

13:00 Hrs.

e) **Descripción del tratamiento:**

Tres tipos de AR se unifican en el tratamiento. 1) Las generadas en corrales. 2) Las que se generan en el faenado de cerdos. 3) Las generadas en los servicios sanitarios destinados al personal. Las segundas son pretratadas en un desengrasador. Habiéndose unificado los tres caudales se hacen pasar por rejillas previamente al tratamiento primario. Se dispone de un tratamiento primario mediante un tanque Homogenizador-Sedimentador. Un tratamiento secundario con un UASB, un tratamiento terciario para un 30% del caudal, con aplicación de hipoclorito de sodio, para recirculación interna en el lavado de piso de corrales.

f) **Caracterización del efluente de aguas residuales incluyendo sólidos sedimentables:**

Pendiente de construcción y puesta en operación del sistema de tratamiento de las AR.

g) **Caracterización de las aguas para reuso:**

Pendiente de construcción y puesta en operación del sistema de tratamiento de las AR.

h) **Caracterización de lodos por disponer.**

Pendiente de construcción y puesta en operación del sistema de tratamiento de las AR.

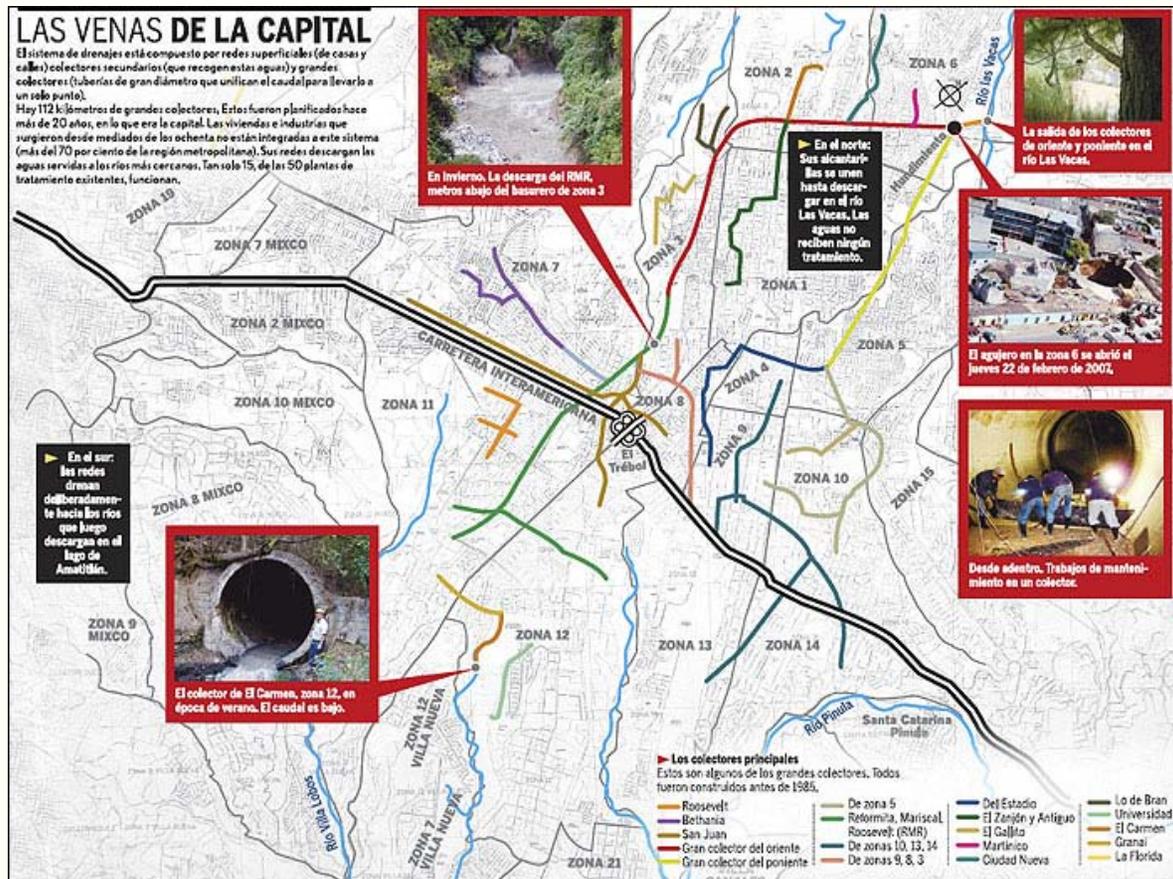
i) **Caracterización del afluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento:**

No aplica.

j) **Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica:**

El efluente de la planta de procesamiento de carnes es descargado en el alcantarillado público municipal.

k) Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, sí aplica.



Las aguas son descargadas al alcantarillado público municipal que cubre la zona 17, el cual a su vez, descarga en la cuenca del río Las Vacas, zona 6, ciudad Guatemala.

1) Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.

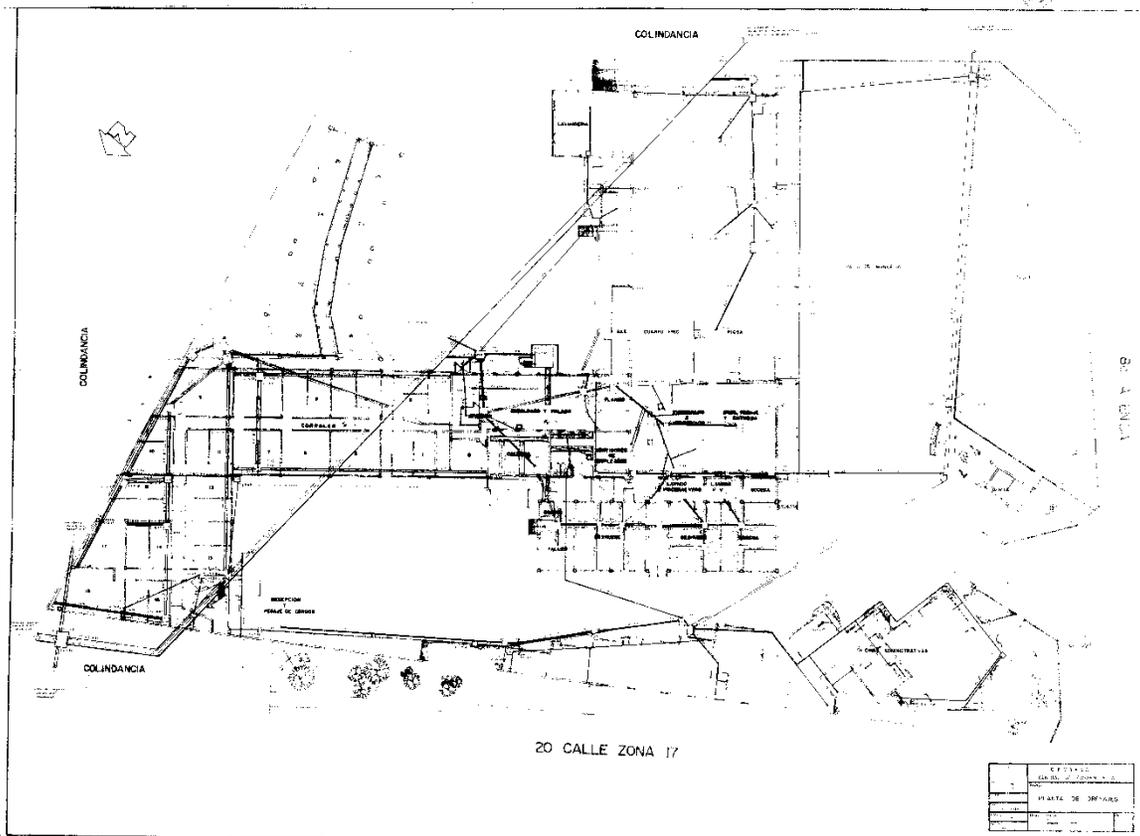
Con fundamento en el Art. 12 EXENCIÓN DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS, del Acuerdo Gub. 236-2006, por las características del proceso productivo no se generan los siguientes parámetros:

- i.1 Arsénico
- i.2 Cadmio
- i.3 Cianuro total
- i.4 Cobre

- i.5 Cromo hexavalente
- i.6 Mercurio
- i.7 Níquel
- i.8 Plomo
- i.9 Zinc

II. DOCUMENTOS:

- a) Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del ente generador o de la persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público.



Coordenadas geográficas de las oficinas administrativas de CECARSA ,
Latitud: 14°38'45.46"N - Longitud:90°28'29.03" O.

Referencia fotográfica - satelital:

Macro- y micro localización:



b) Plano de ubicación y localización con coordenadas geográficas del o los dispositivos de descarga, para la toma de muestras, tanto del efluente como el afluente. En el caso del afluente, cuando aplique.

Coordenadas geográficas en el dispositivo para toma de muestras en el efluente del sistema de tratamiento: Latitud: 14° 38'40.99" N - Longitud: 90°28'18" O.

PLAN DE GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES

PROPIETARIO: CENTRO DE CARNES S.A. / CECARSA

RESPONSABLE: ING. CARLOS
BOBURG MORALES

LUGAR Y FECHA: GUATEMALA - 01 DE
ENERO DE 2007

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	AÑO					OBSERVACIONES
			2008	2011	2015	2020	2024	
1	DISEÑO REVISIÓN DEL	JUNTA DIR	•					UNA SOLA VEZ

2	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE T AR	GERENCIA	•					
2.1	CONTRUCCIÓN DE CAJAS P/MUESTREO REVISIÓN Y MONITOREO		•					UNA SOLA VEZ
3	PARÁMETROS CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE	ASESORÍA	•	•	•	•	•	
3.1	CAUDAL AMPLIACIÓN DEL		•	•	•	•	•	CADA 5 AÑOS SEGÚN RESULTADOS
4	SISTEMA	JUNTA DIR		•		•		
5	MANTENIMIENTO	DEPTO.						
5.1	CAJAS UNIF (Q)		•	•	•	•	•	SEMANAL
5.2	DESENGRASADOR TRATAMIENTO PRIMARIO -		•	•	•	•	•	MENSUAL
5.3	LIMPIEZA TRATAMIENTO SECUNDARIO -		•	•	•	•	•	SEMESTRAL
5.4	LIMPIEZA CAJAS DE REGISTRO -		•	•	•	•	•	ANUAL
5.5	LIMPIEZA EXTRACCIÓN Y SECADO DE		•	•	•	•	•	MENSUAL
5.6	LODOS ELIMINACIÓN DE LODOS EN		•	•	•	•	•	SEGÚN SISTEMA
5.7	VERTEDERO		•	•	•	•	•	

c) Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos.

d) Plan de tratamiento de las aguas residuales, si se descargan a un cuerpo receptor o alcantarillado.

e) Informes de resultados de las caracterizaciones realizadas.