

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO: PARA UNA POBLACIÓN MENOR 2000 HABITANTES

SYSTEM OF RESIDUAL WATER TREATMENT OF SLAUGHTER HOUSE: FOR A SMALLER POPULATION 2000 INHABITANTS

DEYANIRA MUÑOZ MUÑOZ¹

PALABRAS CLAVE:

Tratamiento de residuos, aguas residuales, parámetros de calidad.

KEY WORDS:

Residual treatments, residual waters, parameters of quality.

RESUMEN

Se revisó tres posibles métodos de tratamientos de aguas residuales de matadero. Con base a las características típicas de esta agua y los requerimientos recomendados, se seleccionó una alternativa de tratamiento mas viable para población de habitantes relativamente pequeña

ABSTRACT

There were checked three possible methods of treatments of residual waters of slaughter house. With base to the typical characteristics of this water and the recommended requirements, an alternative of treatment was selected mas viable for relatively small population of inhabitants

INTRODUCCION

El tratamiento de los desechos y eliminación de las aguas residuales provenientes de mataderos y plantas procesadoras de carne es una necesidad económica y de higiene pública. La principal fuente de contaminación de las aguas residuales de los mataderos se originan de las heces y orina, sangre, pelusa,

lavazas y residuos de la carne y grasas de las canales, los suelos, los utensilios, alimentos no digeridos por los intestinos, las tripas de los animales sacrificados y de vapor condensado procedente del tratamiento de los despojos.

Las actividades que dan origen a las aguas residuales en los mataderos y plantas de elaboración son:

Recibido para evaluación: Noviembre 30 de 2004. Aprobado para publicación: Febrero 10 de 2005.

1 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán. Grupo de Investigación en Diseño, Proceso y Energía. M. Sc. en Ingeniería con énfasis en Ing. Sanitaria y Ambiental.

Correspondencia: Deyanira Muñoz Muñoz. e_mail.:demunoz@unicauca.edu.co

Lavazas del suelo y del equipo, Preparación de subproductos, Preparación de las canales, Eliminación de las cerdas de los porcinos, almacenamiento de los cueros, Limpieza de las entrañas, Cuarto de las tripas y de Lavandería.

La naturaleza de los desechos de matadero varía considerablemente, según que existan o no canales de captación. Cuando no se respeta las prácticas de limpieza, se aumenta el número de coliformes y la carga orgánica en las aguas residuales descargadas. Disponible en(1).

Para el mantenimiento de unas normas de higiene adecuadas, la industria de elaboración de productos cárnicos está obligada a utilizar grandes cantidades de agua, lo que constituye un factor importante del costo de elaboración. Su tratamiento a posteriori en la planta y su descarga final en vertederos aceptables aumenta los gastos generales, por lo tanto se recomienda utilizar el volumen mínimo de agua necesario para alcanzar unas normas higiénicas adecuadas y ahorro económico significativo. Las lavanderías de los mataderos grandes son de considerable dimensión y pueden producir aguas residuales con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días de 1300 ppm

Después de un pretratamiento o de un tratamiento completo adecuado se suele disponer de varios medios de eliminación: A una autoridad responsable del tratamiento parcial o total de los desechos urbanos, vertederos que dan a los océanos sin tratamiento adicional, planta de tratamiento de desechos y de allí a las aguas que los reciben, y a las instalaciones de riego después de un tratamiento primario y el paso por un tamiz fino.

El propósito de este trabajo es caracterizar el agua residual de matadero, revisar tres posibles tratamientos, evaluar una alternativa posible de tratamiento con su respectiva justificación.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN UN MATADERO Y PLANTAS PROCESADORAS DE CARNE

En los mataderos, los animales antes de ser beneficiados son bañados para retirarles del cuerpo el polvo y las excretas. La sangre se recolecta independientemente y no debe descargarse junto con el agua residual. Una vez desangrado, el animal pasa a ser colocado en agua

caliente durante 4 ó 6 minutos a la temperatura aproximada de 60 °C para luego eliminar las cerdas. Se obtiene agua caliente con cerdas, pelos y pequeñas cantidades de grasa.

Las vísceras se limpian en la sección de procesamiento respectiva En esta etapa se produce aguas de limpieza contaminadas con residuos de detergente, excrementos y sustancias provenientes de las mucosas. El primer estomago o panza es vaciado en otra sección donde se lava generando aguas residuales.

El diagrama de bloques sencillo de un matadero incluyéndolos puntos de aguas residuales se muestran en la Figura 1.

CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Composición de Aguas Residuales

La composición representativa teórica de las aguas residuales se estableció a partir de análisis de estudios realizados en el matadero Municipal de Munich y se reporta en el Cuadro 1 .

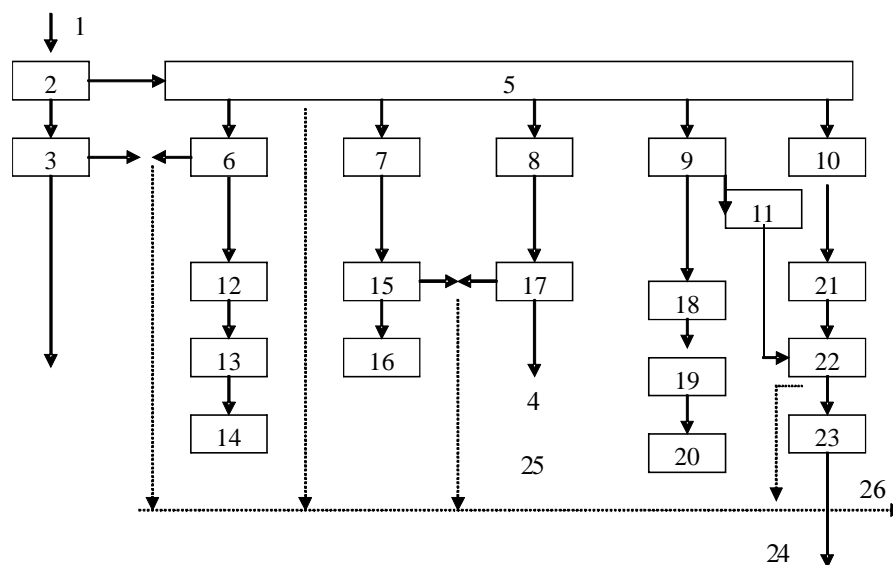
Cuando no se recolecta apropiadamente la sangre y los productos residuales, la carga orgánica puede ser dos o tres veces mayor a la reportada por (2), en el mismo Cuadro 1.

Parametros de Calidad del Agua Residual de Matadero

Las aguas residuales provenientes del procesamiento de la carne son similares a las que provienen de los mataderos. Los parámetros importantes a evaluar son DBO5, pH, SST, Aceites y Grasa, Coliformes Totales, Amoniaco, Turbiedad, SDT, Color; Tóxicos (3). Los valores de estos se comparan con los de una planta de tratamiento de agua, Cuadro 2.

En las plantas procesadoras de carnes se espera que la cantidad de agua residual provenga de 10 a 15% del salado y procesado de las vísceras, 20 al 25% de la fabricación de embutidos y del 60 al 70% agua de limpieza. Los valores de los parámetros de calidad para el efluente total son: Cloruro 1 g/l, grasa de 700 a 1000 mg/l, contaminación orgánica de 100 a 1900 mg DBO5/l y DBO5 promedio de 18 kg/l del producto final.

FIGURA 1. Diagrama de flujo de un matadero.



1 animales	9 productos secundarios	17 presión
2 corrales	10 esqueleto	18 descarga
3 tanques sedimentación	11 hígado , riñones	19 desgrasado
4 mantillo	12 coágulos	20 grasa y sebo
5 sección beneficio de animales	13 desperdicios de criba	21 Abono
6 sangre	14 Deshidratación de la sangre	22 Frigorífico
7 pellejo	15 deshidratación-desalación	23 Mercado
8 contenido de vísceras	16 curtimiento	24 Agua residual
		25 planta de purificación

Fuente: GTZ. Manual de disposición de aguas residuales, sin año

La cantidad de agua residual proveniente de los mataderos, sólo puede ser reducida mediante sistemas de recirculación o reutilización de aguas de refrigeración, mientras en procesamiento de carnes se logra reduciendo las cantidades de agua de limpieza, excepto cuando se tiene la separación y recuperación de grasas donde el agua es absolutamente necesaria (4).

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN MATADEROS

En general el tratamiento de aguas residuales tiene en cuenta aspectos como la retención de las sustancias contaminantes, tóxicas y reutilizables; el tratamiento del agua como tal y el tratamiento del lodo. Los contaminantes de importancia son sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, patógenos, nutrientes,

contaminantes prioritarios, materia orgánica refractaria, metales pesados y sólidos inorgánicos disueltos.

Los requerimientos de tratamiento para un agua residual específica puede determinarse mediante la comparación entre la carga de residuos permitida y la contaminación de las aguas residuales municipales y de ciertos tipos de industrias. La purificación requerida determina la selección del método acorde con la estructura comunal e industrial. El objetivo principal de las aguas residuales industriales es la recuperación y reutilización de materias primas, los métodos de tratamientos son similares al de las aguas residuales municipales.

La carga de contaminante en aguas residuales de matadero se puede reducir: reteniendo los residuos del proceso de evisceración y de la recolección de estiércol, recuperando las grasas en separadores y procesando mejor la sangre, las cerdas y el pelo.

CUADRO 1. Composición agua Residual de un Matadero según STECHER Y RUPRECHT

Sustancias sedimentables, ml/l	10	Grasa, mg/l	108
PH	7	Nitrogeno (N) , mg/l	145
Sustancias no disueltas , mg/l	580	Pentoxido de fosforo, mg/l	19
Sólidos fijos, mg/l	81	Oxido de potasio, mg/l	29
Sólidos Volátiles mg/l	498	Oxido de calcio, mg/l	131
Sustancias disueltas , mg/l	1206	Consumo de KMnO4, mg/l	154
Sólidos fijos, mg/l	272	DBO5, mg/l	838
Sólidos Volátiles mg/l	934		
Alcalinidad ,ml acido/l	7		

Fuente: (4)

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Cepis, Lima, Peru, 1991

CUADRO 2. Comparación de parámetros de calidad de aguas residuales de matadero

PARAMETRO	MATADERO GANADO	MATADERO POLLO	PLANTA TTO AGUA
Temperatura, °C	20.0	23.0	18.0
.pH	8.0	6.5	6.0
Alcalinidad total, mg CaCO3/l	240.0		15.0
Acidez total, mg CaCO3/l	30.0		-
Dureza total, mg CaCO3/l	28.0		-
Sólidos sedimentables, ml/l	38.0		79.6
Sólidos suspendidos, mg/l	376.0		-
Sólidos volátiles totales, mg/l	570.0		-
Sólidos totales, mg/l	3066.0		258.3
Sólidos fijos totales, mg/l	518.0	2,108	484.4
Conductividad, umho ms/cm	650.0		46.8
Hierro, mg/l	0.8		-
Oxígeno disuelto, mg/l	3.1	3187	94.8
DQO, mg/l	3379.3	2264	57.4
DBO5, mg/l	1770.7	8.5	11.5
Caudal, l/s	2.0		-
Detergentes, mg/l	-	8.31	-
Fosfatos, mg/l	40.0	11.0	-
N -amoniaco, mg/l	8.8		-
N-orgánico, mg/l	23.8		-
N-nitrito, mg/l	0.02		-
N-nitrato, mg/l	0.0		-
Cromo hexavalente, mg/l	-		-
Grasas e hidrocarburo, mg/l	106.5		-

Fuente: (5)

Los tratamientos requeridos recomendados para el agua en el uso pecuario y otros., se reseñan en el Cuadro 3.

Etapas del Tratamiento de Aguas Residuales de Mataderos y Plantas de Procesamiento de Carne

Se recomienda para el tratamiento de las aguas residuales de mataderos y plantas de procesamiento de carnes:

- Extraer las sustancias reutilizables y las que obstruyen las tuberías
- Descargue de vísceras e intestinos al sistema de alcantarillado, después de ser prensadas, trituradas e incineradas.
- Aguas residuales de temperatura superior a 30 C, deben ser enfriadas antes de su descarga.
- Tratar las aguas residuales en plantas independientes cuando las limitaciones económicas y técnicas impiden la conexión al sistema de alcantarillado.

Las etapas de tratamiento consiste en:

Separación de grasa. Las vísceras pueden ser digeridas en una instalación de biogas a 30 °C durante 25 días, junto con el estiércol, el lodo de los separadores de grasa y el lodo de las unidades de clarificación de las aguas residuales.

Las aguas residuales se descomponen primero anaerobiamente con lodo digerido en instalaciones calentadas durante 2 a 3 días.

Las aguas pretratadas pueden pasar por un tratamiento biológico completo en lagunas mediante filtración en tierra, utilización para usos agrícolas, en lechos biológicos y en unidades de lodo activado(aeración durante 54 horas y 8 horas en la unidad de clarificación final) o en zanjas de oxidación.

Las aguas residuales primero son desinfectadas, generalmente adicionando cloro, antes pasar por la precipitación química y la sedimentación.

El tratamiento del lodo resultante debe continuar mediante la descomposición anaerobia en digestores calentados para lograr su estabilización y evitar efectos negativos al ambiente.

PROCESOS PRIMARIOS REALIZADOS EN LOS MATADEROS

La limpieza inicial en seco de los corrales pueden reducir las cargas de aguas negras. Algunas plantas utilizan parte de la sangre para incorporarla a su harina de carne y venden o regalan la restante. Esto reducirá sustancialmente la demanda de oxígeno y colorantes de las aguas residuales descargadas en el alcantarillado.

Una eliminación por separado del estiércol de las tripas reduce la cantidad de sólidos sedimentables en las aguas residuales que entran en las alcantarillas.

Cuando se utiliza el tratamiento húmedo de subproductos, el agua que queda en los depósitos después de

CUADRO 3. Clasificación de usos de agua para definir criterios de calidad del recurso Agua

CLASE	USO	CRITERIO CALIDAD	TRATAMIENTO REQUERIDO
II	- Agrícola. - Pecuario. - Recreación. - Pesca.	Patógenos, color, turbiedad, pH, O.D, Compuestos Tóxicos, sólidos, grasas, °T	- Secundario - Desinfección.
III	- Agrícola. - Pecuario con restricciones. - Ciertos usos industriales.	Color, pH, O.D, Compuestos Tóxicos, sólidos flotantes, grasas, °T	- Primario y en algunos casos Secundario

Fuente: material de clase A. R., (6)

quitar las grasas y los residuos se vuelve a tratar. En el tratamiento por vapor la centrifugación produce más aguas depositadas.

Para reducir las cerdas se pueden hidraulizar por medio de vapor con la incorporación de cal y cuando se seca produce un material en polvo.

Los recortes y la mucosidad de las tripas se tratan para recuperar las grasas y las proteínas. Las aguas residuales de las máquinas de limpieza se descargan en los canales de captación para recuperar las grasas.

Las aguas del lavado y del escaldado que contienen grasas y materia suspendida se descargan en los canales de captación.

Consideraciones relativas al diseño del canal comunes a todos los tipos de recolección

Las aguas de desagüe y residuales deben ser recogidas, tratadas y eliminadas teniendo en cuenta las cantidades, el tipo de ganado, la índole de los líquidos y sólidos, las posibilidades de su uso después del tratamiento, la necesidad de evitar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud pública.

La instalación de recogida de las aguas residuales debe estar diseñada de manera que se divida en diferentes sistemas en el punto de origen: Drenaje de la sangre, desagües de los corrales y del estiércol de las tripas, desagüe de las áreas de la matanza, los subproductos y su tratamiento, desagüe de residuos domésticos, desagüe de las aguas caldeadas, y de las zonas de venta, aparcamiento y servicios.

La separación de los sistemas de desechos evita medidas de tratamiento secundario en todo el sistema. Estas se limitan a los departamentos o zonas donde la carga de contaminación o la demanda de oxígeno bioquímico es máxima. La separación normalmente dará origen a varios sistemas principales, pero el desagüe desde las zonas de matanza, subproductos y tratamiento de subproductos es posible que requiera una mayor segregación.

La cantidad de agua residual esta relacionada con el número de animales sacrificados y el agua total (caliente y fría) consumida en la nave de carnización y las

áreas para subproductos y su tratamiento, con inclusión de todos los desechos que contengan lavazas y sólidos suspendidos.

El sistema de desagüe de la sangre debe calcularse para los mataderos sobre la base de un mínimo de 0,75 a 1,00 litros de sangre por cada oveja y cabra y de 10 a 12 litros por cada bovino y de 3 litros por cada cerdo sacrificado.

El sistema de alcantarillado para el estiércol de las tripas debe calcularse en lo que respecta a los mataderos sobre la base de 1,25kg de estiércol por cada oveja y de 16kg de estiércol por cada bovino sacrificado.

Los sistemas de drenaje de los corrales y de las áreas de aparcamiento y servicios dependen de la elección final y del emplazamiento del matadero y no pueden uniformarse exclusivamente sobre la base de la capacidad de matanza.

Las medidas de pretratamiento de las aguas residuales son obligatorias y es prescriptivo que las aguas residuales crudas no contengan más de 50 partes por millón de grasas que puedan flotar y deben haber atravesado una parrilla de barros.

La descarga, sólo debe autorizarse cuando la corriente de agua de todas las fuentes es suficiente en todas las estaciones del año para arrastrar las aguas residuales lejos de la planta o, en las zonas de fuertes precipitaciones, cuando el aumento de la corriente durante la estación de las lluvias no las acumulará en los locales del matadero.

El tratamiento de las aguas residuales comienza en la planta, donde se debe hacer todo lo posible por adoptar una recuperación eficiente de los subproductos y una limpieza en seco, que reduce significativamente los gastos.

La evaluación del volumen de agua necesaria para convertir a un animal en carne depende del grado de tratamiento de los subproductos que se lleva a cabo en los locales. El límite recomendado es 1700 litros de agua por res procesada, con un aumento del 25 por ciento si se lleva a cabo el tratamiento de los productos no comestibles. La demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales es alrededor de 1500 ppm.

Fases y Sistemas de Tratamiento

Los procedimientos de tratamiento que se pueden emplear se clasifican en tres categorías distintas:

- Primario: tratamientos físicos y químicos
- Secundario: tratamientos biológicos anaeróbicos o aeróbicos
- Combinación de los dos tratamientos secundarios.

Todos los tratamientos indicados deben garantizar un control total de los patógenos y de los niveles de contaminación.

La utilización de depósitos equilibradores e igualizadores de las corrientes evitan la necesidad de que las plantas especializadas de tratamiento tengan una dimensión excesiva para ocuparse de las corrientes máximas. ofrecen la ventaja de que la descarga del matadero se efectúe en un sistema municipal de alcantarillado y de tratar a sus propias aguas residuales. El control de los contaminantes y de las cargas de choque puede también dar origen a una utilización más eficiente de las instalaciones de tratamiento posterior.

Sistemas de Tratamiento Primario (Físico)

Los procedimientos de tratamiento físico comúnmente utilizados son: procedimientos de ordenación y de limpieza propiamente dicha seguidos del tamizado para la eliminación de los sólidos pesados y sedimentables, tubos en U para grasas y depósitos de despumación 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 la carne, los huesos, las descarnaduras de pieles y cueros y otros sólidos gruesos de las aguas de desecho. Su función es sumamente importante y produce la eliminación de condiciones perjudiciales (bloques de la bomba o de las tuberías), corriente abajo, así como el mejoramiento de la eficiencia de los procedimientos de pretratamiento. Este método tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno, las grasas y los aceites o los sólidos en suspensión

Las altas concentraciones de grasas que se dan en las aguas residuales de la industria de la carne se pueden reducir si los canales de desagüe del suelo y el equipo

de los departamentos competentes se dota de tubos en U antes de pasar por la criba para evitar el bloqueo de las tuberías, los desagües y otro equipo.

Las grasas pueden causar problemas en las cámaras de sedimentación que cuentan con separadores de espumas insuficientes cuya acumulación puede bloquear el filtro y provocar un posterior estancamiento y problemas de olor, en el cieno activado a causa de la acumulación y en los digestores al formar una capa en la superficie que no se degradará.

La eliminación de hasta el 90 por ciento de las grasas que flotan libremente mediante la utilización de tubos en U para grasas es posible, pero de tratarse de desechos de carne, particularmente cuando se transportan trozos de carne, es más eficiente la flotación por aire disuelto.

La flotación por aire disuelto es el procedimiento de flotación más común y se utiliza principalmente para el tratamiento primario de las aguas residuales de los mataderos. El aire se disuelve en el agua residual bajo presión (3–4m³/hora por m³ de depósito) y posteriormente se transforma en microburbujas (de 50 mm a 200 mm de diámetro) a presión atmosférica.(4)

La flotación por aire disuelto facilita la recuperación de sebos, aceites y grasas, sólidos suspendidos y la demanda bioquímica de oxígeno, por un total de un 30 por ciento a un 60 por ciento de sólidos suspendidos y de un 50 por ciento a un 80 por ciento de sebos, aceites y grasas.

Tratamiento Primario (Fisicoquímico)

Una tecnología relativamente sencilla permite extraer hasta el 95 por ciento de los sólidos en suspensión y posiblemente el 70 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno por medio del tratamiento fisicoquímico.

El procedimiento fisicoquímico consiste:

Condicionamiento o pretratamiento de las aguas residuales mediante la incorporación de coagulantes y agentes de floculación para facilitar la sedimentación de los sólidos en suspensión. Esta fase va seguida de la clarificación: paso a través del depósito de sedimentación que separa el sedimento pesado del flotante, que es un líquido claro casi desprovisto de sólidos en suspensión y con unos niveles muy reducidos de demanda bioquímica de oxígeno.

Cuando las aguas residuales se tratan íntegramente en el lugar del matadero, es esencial facilitar la sedimentación primaria, que es probablemente necesaria si los desechos van a pasar posteriormente por filtros.

Se utilizan dos tipos de depósitos de sedimentación y las dimensiones varían considerablemente:

- Los depósitos de sedimentación de corriente horizontal, son necesarios para las cargas pesadas y sus dimensiones deben permitir un período de retención de seis horas. Para corrientes de más de 1000 m³/día pueden resultar rentables raspadores mecánicos.
- Los depósitos cilíndricos de sedimentación vertical parecen ser sedimentadores primarios más eficientes y eficaces en función de los costos para los mataderos de tamaño mediano.

Manejo y eliminación del cieno: El cieno resultante de los sistemas de sedimentación descritos debe estar libre de sustancias tóxicas y resultaría aceptable en muchas regiones como fertilizante agrícola. El cieno resultante contendrá de un 3 por ciento a un 5 por ciento de sólidos y podrá pasar por gravedad o por bombeo al área de eliminación; de lo contrario se necesitarán lechos para el secado.

Lechos para el secado o bandejas de evaporación: Se recomiendan para mataderos de tamaño pequeño o mediano, aunque sólo si están situados en la periferia de las ciudades. El vaciado se debe efectuar a mano cuando la concentración de sólidos alcanza aproximadamente 1 m³ por 40 kg de cieno. (4)

Construcción de los lechos o bandejas: Normalmente se construyen con capas de materiales de filtración provistas de tuberías en la base que conducen a las tierras agrícolas para recoger los materiales de desecho líquidos que deben volver a reciclarse en el depósito de igualización para proceder a un nuevo tratamiento.

Los tanques de evaporación se recomiendan para países con altas tasas de transpiración y escasas precipitaciones y se construyen con revestimiento interior de butilo para contener el cieno y con tubos de desbordamiento y terraplenes para retener las aguas residuales en períodos de aguaceros o de las lluvias cortas.

La Contaminación de las aguas subterráneas: Durante la instalación y utilización de lechos, bandejas, cuencas o estanques se debe prestar la debida consideración a las condiciones geológicas locales. Si no se dispone de datos en cuanto a la permeabilidad de los subsuelos puede resultar apropiado revestir todos esos elementos con láminas de butilo o con hormigón cubierto con betún natural, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación de la planta de tratamiento.

Otros sistemas de eliminación del agua del cieno: Los espesores del cieno (coagulantes) anteriormente indicados pueden emplearse para intensificar la condensación del cieno hasta que se transforme en sólidos al 10 por ciento en un día. Sin embargo, incluso cuando están así condensados, siguen siendo difíciles de manipular y necesitan otro tratamiento (por ejemplo, los lechos de secado).

Si la clarificación (eliminación de los sólidos en suspensión) es eficiente en los procedimientos de tamizado y fisicoquímicos, las aguas residuales finales procedentes de ese tratamiento deben tener una turbiedad y un color mínimos y estar prácticamente libres de tóxicos, por lo que su descarga sería aceptable en casi todas las circunstancias. Ese tratamiento requiere poco capital y la tecnología es comprensible.

Sistemas de Tratamiento Secundario (Biológico)

Se necesitarán procedimientos adicionales principalmente cerca de zonas urbanas donde las descargas de desechos tratados pueden ir a parar a capas freáticas o cerca de éstas. Las normas para los sistemas de tratamiento aeróbico en regiones remotas, son:

- Procedimiento de cieno activado (convencional);
- Procedimiento de cieno activado (foso de oxidación);
- Tratamiento biológico anaeróbico (formación de estanques).

La elección del sistema más adecuado depende de los costos, del nivel de demanda bioquímica de oxígeno requerido, de la superficie de tierras disponibles, del nivel de olores y de los requisitos municipales, en la forma en que proceda.

Los sistemas secundarios, deben ser selectivos y requieren un gran capital. Un tratamiento secundario para

una planta de tamaño intermedio estaría justificado únicamente si se comparte con otros usuarios industriales. En todos los sistemas mencionados, se da por supuesto que es necesario un tratamiento preliminar en el matadero, particularmente en la sedimentación, cuando las aguas residuales pasan por filtros como en los sistemas aeróbicos.(1)

Tratamiento avanzado de las aguas residuales

El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes recalcitrantes. Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO5 en similar medida.

Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con ozono es considerada el método más fiable, excepción hecha de la cloración extrema.

El vertido final del agua tratada se realiza de varias formas. La más habitual es el vertido directo a un río o lago receptor. El proceso de tratamiento comprende los tratamientos convencionales primario y secundario, seguidos de una limpieza por cal para eliminar los compuestos orgánicos en suspensión. Durante este proceso, se crea un medio alcalino (pH elevado) para potenciar el proceso.

En el paso siguiente se emplea la recarbonatación para volver a un pH neutro. A continuación se filtra el agua a través de múltiples capas de arena y carbón vegetal, y el amoníaco es eliminado por ionización. Los pesticidas y demás compuestos orgánicos aún en suspensión son absorbidos por un filtro granular de carbón activado. Los virus y bacterias se eliminan por ozonización. En esta fase el agua debería estar libre de todo contaminante pero, para mayor seguridad, se emplean la segunda fase de absorción sobre carbón y la ósmosis inversa y, finalmente, se añade dióxido de cloro para obtener un agua de calidad máxima.

Un proceso de tratamiento de las aguas residuales que suele usarse para los residuos domésticos es la fosa

séptica: una fosa de cemento, bloques de ladrillo o metal en la que sedimentan los sólidos y asciende la materia flotante. El líquido aclarado en parte fluye por una salida sumergida hasta zanjas subterráneas llenas de rocas a través de las cuales puede fluir y filtrarse en la tierra, donde se oxida aeróbicamente. La materia flotante y los sólidos depositados pueden conservarse entre seis meses y varios años, durante los cuales se descomponen anaeróbicamente.

En el tratamiento de agua residual de mataderos no se recomienda utilizar ninguno de los tratamientos avanzados por razones de costo y complejidad de los sistemas. disponible en http://members.tripod.com/~Manejo/n_de_aguas.htm (7)

Trabajos de investigación sobre tratamientos de aguas residuales de matadero

Díaz Baex, María Consuelo, ha trabajado en Tratamiento de aguas residuales de matadero mediante reactores anaeróbicos de lecho empacado (8) Señala los efectos de la industria de la carne en la contaminación del Río Bogotá. Explica que los mataderos existentes descargan sus aguas residuales, en algunos casos, directamente a los ríos, y en otros al alcantarillado. Describe las etapas del trabajo: inicialmente se seleccionó un soporte para la operación de reactores de película fija de flujo ascendente, a nivel de laboratorio, posteriormente comparó el comportamiento a diferentes temperaturas y evaluó la capacidad del sistema para asimilar cargas choque a temperatura ambiente. (4)

Malina, Joseph F.; Pohland, Frederick G. en su trabajo Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes (Technomic Publishing; 1992). Trata conceptos fundamentales y aplicaciones del tratamiento anaerobio. Presenta aspectos de diseño sobre procesos anaerobios de crecimiento suspendido y en película fija. Incluye información referente al diseño de reactor UASB para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Martínez, Javier; Borzacconi, Liliana; Mallo, M.; Viñas, María, en su trabajo Tratamiento de aguas residuales de frigorífico (9) Presenta el estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales de frigorífico donde se procesan 650 bovinos por día. Evalúa un sistema de tratamiento realizado en base a instalaciones existentes, sin introducir modificaciones significativas. Las instalacio-

nes existentes permiten realizar tratamientos primarios (zarandas y flotación) y secundarios (reactor anaerobio y lagunas). Concluye que la presencia de sólidos suspendidos y grasas ocasiona problemas en los tratamientos biológicos.

Las aguas residuales de matadero presentan concentraciones significativas de materia orgánica (DQO ~ 2500 mgO₂ dm⁻³) y nitrógeno (NKT ~ 250 mgN dm⁻³). (10)

La fracción suspendida, constituida principalmente por grasas y proteínas, representa entre un 30 y un 60% del contenido total en materia orgánica siendo el principal factor que limita la aplicación de biorreactores de alta carga.

Para la eliminación de carbono y nitrógeno se propone un reactor anaerobio de alta carga, en donde eliminar la mayor parte de la materia orgánica, seguido de un reactor aerobio en donde lleve a cabo la nitrificación. La recirculación del efluente nitrificado hasta el reactor anaerobio permitirá la desnitrificación en el propio reactor anaerobio sin necesidad de añadir una fuente de carbono adicional

El tratamiento en reactores anaerobios granulares de lecho expandido (EGSB) permite operar con elevadas velocidades de carga (15 kgDQO m⁻³ d⁻¹), evitando la acumulación de sólidos suspendidos, que en reactores UASB provocaron problemas de estabilidad y lavado de biomasa, incluso trabajando a velocidades de carga moderadas (<6 kgDQO m⁻³ d⁻¹) recomendadas para efluentes de similares características.

La integración de metanogénesis y desnitrificación en el reactor EGSB permite mantener rendimientos de eliminación de materia orgánica importantes (60 %) y de desnitrificación (~100%), sin apreciarse procesos de reducción disasimilatoria hasta amonio, con velocidades de carga de 20 kgDQO m⁻³ d⁻¹ y 1,4 kgNO_x m⁻³ d⁻¹.

La metanogénesis no se ve afectada por la presencia de nitrito cuando la cantidad de microorganismos desnitrificantes en el fango granular es lo suficientemente elevada. El fango granular mantiene valores elevados de actividad específica metanogénica y desnitrificante.

Así, la tecnología EGSB es adecuada para el tratamiento

de estos efluentes, bien como pretratamiento o integrada con un reactor aerobio para la eliminación de carbono y nitrógeno. El post-tratamiento de efluentes de matadero, en reactores tipo fangos activos, permite obtener elevadas velocidades de nitrificación, próximas a 0,35 gN g⁻¹SSV d⁻¹, trabajando a pH moderados con el fin de evitar situaciones de inhibición total de Nitrobacter.

La aplicación de técnicas respirométricas a la biomasa aerobia permite cuantificar la actividad biológica de microorganismos autótrofos y heterótrofos y obtener los coeficientes cinéticos de los procesos de nitrificación.

El tratamiento combinado EGSB y FA permite alcanzar limitaciones en torno al 90 % en carbono y nitrógeno, disminuyendo la nitrificación al aumentar la velocidad de carga hidráulica, acentuando los procesos de inhibición. (4).

Evaluación de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales para matadero

Proponer un sistema de tratamiento mas adecuado depende de la localidad donde se va a implementar, como condiciones socioeconómicas de la comunidad y la sostenibilidad del sistema aunque pueda ser el mejor desde el punto de vista técnico, no necesariamente puede responder a las necesidades sentidas de la comunidad.

Reflexionando sobre todas las tecnologías existentes, todas tiene sus ventajas y desventajas. En Colombia existen un numero considerable de PTAR, algunas funcionando a media carga y otras con infraestructuras apenas subutilizadas pero con buenos resultados en cuanto a la normatividad de la calidad del agua.

Tomando como punto de referencia el matadero de una ciudad pequeña para evaluar un posible sistema de tratamiento de aguas residuales, se asumirá la composición teórica recomendada por STECHER Y RUPRECHT. Y el caudal promedio de descarga de 50 m³/día, para una población mínima de 2000 habitantes, de acuerdo al artículo 39 del decreto 2278/82.

La literatura recomienda tener en cuenta los siguientes pasos metodológicos Aplicabilidad del proceso, caudal de operación, variación de caudales, características del agua residual cruda, constituyentes inertes e

inhibidores, condiciones climáticas, cinética de reacción y elección del reactor, normas de vertimiento/reuso del efluente, alternativas de procesos de tratamiento, cantidades y características de los lodos, normas para disposición final/ reuso de lodos, alternativas de procesos de tratamientos de lodos, alternativas para la ubicación de las plantas y sitios de descarga/ disposición final/ reuso (líquidos y lodos), disponibilidad de terreno, requerimientos de insumos químicos, requerimientos energéticos, recursos adicionales, condiciones de personal, restricciones ambientales, condiciones de operación y mantenimiento, nivel de confianza, disponibilidad de terreno, factibilidad técnica y económica de la alternativa, estudio de impacto ambiental.

De los pasos anteriores se analizarán los más relevantes como Aplicabilidad del proceso, caudal de operación, características del agua residual cruda, condiciones climáticas, alternativas de procesos de tratamiento, ubicación de las plantas y sitios de descarga/ disposición final, condiciones de personal, disponibilidad de terreno, restricciones ambientales.

Aplicabilidad del proceso

La asociación de mataderos de una comunidad, es consciente de la sostenibilidad de sus fabricas y de sus procesos con tecnologías más limpias. Las Corporaciones como ente regulador de sus vertimientos y la Alcaldía apoya a los Municipios de una ciudad a tecnificar sus procesos.

Por lo tanto una región con alto potencial ganadero, donde el sector agropecuario tiene gran influencia técnica y económica y especialmente una población que cuente con personal calificado, aplicar un proceso de tratamiento de aguas residuales industriales (mataderos) es factible desde el punto de vista económico técnico y de recursos.

Ubicación de las plantas

Ciudades que dispongan con terrenos suficientes para ubicar e instalar plantas, y que tengan muchas zonas de alto riesgo sísmológico, crecimiento poblacional, ordenamiento territorial y expansiones futuras, tenderían a preferir estructuras más compactas, eficientes y que ocupen menos espacio.

Alternativas de procesos de tratamiento

Como se explicó anteriormente en las tecnologías existentes se tiene tratamiento preliminar, primario, secundario terciario o avanzado. Las nuevas tendencias comprenden sistemas regenerativos, lodos activados, ins-

talaciones biológicas con digestión, instalaciones biológicas convencionales, procesos naturales y eliminación de lodos. Las últimas investigaciones, se tiene el tratamiento de aguas residuales para mataderos mediante reactores anaeróbicos de lecho empacado, Tratamiento de aguas residuales de frigorífico mediante ensayos de flotación con aire a presión, Eliminación biológica de carbono y nitrógeno en aguas residuales de matadero mediante biorreactores UASB, EGSB y fangos activos, Tratamiento anaerobio de efluentes con alto contenido de material particulado lignocelulósico (efluente de matadero y Frigorífico) y Comportamiento de una descarga de agua residual de matadero mediante el tratamiento anaeróbico UASB_ Filtro anaeróbico.

POR LO TANTO:

Con los elementos de referencia anteriores, y teniendo en cuenta que los sistemas combinados anaerobios y aerobios son los ideales, se justifica y recomienda para el tratamiento de las aguas residuales del matadero de una población pequeña desde el punto de vista técnico: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario. Utilizando cualquiera de las instalaciones biológicas con digestión anaerobio, instalaciones biológicas convencionales con digestión anaerobia de lodos, reactores anaeróbicos, o biorreactores UASB. completando el tratamiento con procesos naturales, eliminación de lodos estabilizado y su aprovechamiento en otros productos de valor agregado por ejemplo el lodo mineralizado su alto contenido en sílice, le da un carácter de alta actividad puzolánica con gran potencial para obtener materiales de construcción. Desde la perspectiva socioeconómica, la preparación de la comunidad, el sector agropecuario, las UMATAS, Asociación de mataderos y el apoyo Institucional de la Alcaldía, Gobernación y del sector académico; una ciudad pequeña estaría en condiciones de recibir un sistema de tratamiento de aguas residuales de la mejor tecnología.

CONCLUSIONES

La purificación de las aguas residuales es un proceso de centralización y aceleración que normalmente se da en la naturaleza. pero, las variaciones en los desechos crudos, en los grados de pretratamiento, en las operaciones de elaboración de la carne, en las prácticas tratamiento de los desechos, en las condiciones climáticas y en las características del subsuelo influirán en el diseño.

Debido al costo, al mantenimiento y al propio proceso, no se aconseja un tratamiento convencional sofisticado, por que comparado con otros procedimientos, incluso el tratamiento convencional de las aguas residuales es muy costoso tanto en capital como en gastos de funcionamiento.

El tratamiento convencional depende en gran medida de todo los equipos instalados que han de mantenerse a un alto nivel de rendimiento para que la planta funcione de manera satisfactoria y elimine materia orgánica y así evitar la contaminación en los cursos de agua receptores

En los mataderos construidos cerca de las periferias urbanas, donde las tierras son escasas, el tratamiento convencional es inevitable y el empleo de filtros de goteo muy rápidos con unos ritmos de carga hidráulica es necesario, al igual que las técnicas de filtración doble alternativa para conseguir unos niveles satisfactorios con una utilización mínima de la tierra. Esta consideración puede determinar en gran medida la elección de un matadero.

En zonas rurales, con escasa limitación de disponibilidad de tierras, los sistemas primarios (tratamiento fisicoquímico) son necesarios para lograr unos niveles superiores de tratamiento de las aguas residuales, o utilizar otra forma de tratamiento como estanques.

Sea cual sea el procedimiento o grado de tratamiento de las aguas residuales que se adopte, se debe desinfectar siempre las aguas residuales finales y aplicar tratamiento térmico al residuo.

La disposición de terreno y condiciones ambientales adecuadas que favorece el proceso de la fotosíntesis en las aguas residuales, aportan en la reducción de demanda bioquímica de oxígeno haciéndolas aptas para su descargue.

Para los mataderos de tamaño intermedio, el costo de purificación de las aguas residuales es alto, la etapa del tratamiento en estanque podría omitirse pero el tratamiento primario proporcionaría una calidad de agua útil para riego, forraje y ganado.

REFERENCIAS

- (1) Disponible en http://www.fao.org/DOCREP_visitada_noviembre_2003
- (2) Institut Fresenius GMBH, Forschungsinsstitut fur Wassertechnologie, GTZ. Manual de disposición de aguas residuales; tomo I y II, Lima Peru, 1991
- (3) Disponible en http://www.ubu.es/investig/mem-inve/meminv00/Biotecnologia.htm_visitada_noviembre_2003
- (4) Disponible en <http://www.cepis.ops/oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/inpri54f.html>, visitada noviembre 2003
- (5) Torres, P Material de clase., selección de alternativas de tratamiento para aguas residuales, 2003.
- (6) Universidad del Valle. 2003. Material de clase de Aguas residuales. Maestría.
- (7) Disponible en http://members.tripod.com/~Manejo/n_de_aguas.htm_visitada_noviembre_2003
- (8) Disponible en http://www.fao.org/DOCREP/004/T0566S/T0566S17.htm_visitada_noviembre_2003.
- (9) Martínez J, Galisteo M., ViñasM., Tratamiento anaerobio de efluentes con alto contenido de material particulado lignocelulósico (efluente de matadero y Frigorífico), Memorias IV Seminario - Taller sobre tratamiento de aguas residuales.
- (10) Nuñez L., Eliminación biológica de carbono y nitrógeno en aguas residuales de matadero mediante bioreactores UASB, EGSB y fangos activos (fa), Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. Comisión de Doctorado 17/12/99.