

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL COMBINADO CÁRNICO RAÚL CHACÓN JORGE
STUDY OF ECONOMIC FACTIBILITY FOR THE TREATMENT OF RESIDUAL WATER TO MEET FACTORY RAUL CHACON JORGE

Autor: MSc. Denny Rodríguez Alarcón

Centro de Trabajo: Dirección de Economía y Planificación. Poder Popular.

Correo electrónico: denny@mzlllo.capgrm.co.cu

RESUMEN:

La realización de estudios económicos para la implementación de políticas eficientes de gestión de los recursos hídricos es una necesidad reconocida en *la Estrategia Ambiental del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos*. Por otra parte, la depuración de aguas residuales ha cobrado una importancia progresiva desde principios de la década de los setenta del siglo XX, como resultado de la preocupación general sobre el problema del deterioro de la calidad de las masas de agua. El objetivo principal que persigue es la propuesta de tratamiento de las aguas residuales mediante un análisis coste beneficio, de las fuentes contaminantes del municipio Manzanillo cuyos valores de carga contaminante generada están en

2011 TonDBQ/año y depositada 1875 TonDBQ/año , la cual se incrementa por la

falta de mantenimiento y gestiones a los sistemas de tratamiento de las instituciones responsables del cuidado de las mismas, dígase lagunas de oxidación, tanques sépticos, trampas, etc. Por lo que si se implementara un sistema de tratamiento adecuado de forma tal que su vertido no provoque impactos negativos sobre el medio ambiente y se obtenga energía y lodos orgánicos para el uso agrícola. Es por ello que proponemos el uso Análisis Coste-Beneficio como uno de los métodos de mayor aceptación. Por ello, en este trabajo se lleva a cabo una aplicación de esta metodología en el ámbito de la depuración de aguas residuales. La comparación de los beneficios ambientales derivados del tratamiento de estas aguas con los costes requeridos permite obtener un indicador útil sobre la viabilidad económica de estas instalaciones.

Palabras claves: tratamiento aguas residuales, análisis coste-beneficio, beneficio ambiental, viabilidad económica, precios.

Summary

The realization of economic studies for implementation of efficient politics of step of the hydric resources is a grateful need in the environmental strategy of the national institute of hydraulic resources. On the other hand, the depuration of residual waters has retrieved a progressive importance from principles of the decade of the seventy of the century XX, as a result of the general preoccupation on the problem of the deterioration of the quality of the masses of water. The main objective it persecutes is the proposal of treatment of the residual waters by means of a cost analysis benefit, of the polluting sources on Manzanillo municipality whose values of polluting load

generated $2011 \text{ TonDBO}_5/\text{año}$ are in and placed $1875 \text{ TonDBO}_5/\text{año}$, who is

increased for the absence of maintenance and promote to the systems of treatment of the responsible institutes of the care of the same, say oxidation lagoon, septic tanks, traps, etcetera. For implementation a system of appropriate treatment of form such that your poured does not cause negative impacts on the halfback give atmosphere and obtain to him energy and organic muds for the agricultural use. It is for it that propose the -Benefit cost analysis use as one of the methods of acceptance major. For it, in this work it takes to end an application of this methodology in the environment of the depuration of residual waters. The comparison of the environmental benefits by-proucts of the treatment of these waters with the costs it requires permit obtain an useful indicator on the economic viability of these installations

Key words: treatment residual waters, analysis cost-benefit, environmental benefit, economic viability, prices.

INTRODUCCIÓN

El Medio ambiente es un sistema dinámico y complejo (integrado por múltiples interrelaciones ecológicas, socioeconómicas y culturales), que evoluciona con el desarrollo histórico de la sociedad. Abarca la naturaleza, la sociedad, el patrimonio histórico-cultural de la humanidad y lo creado por ésta.

La atmósfera, que provee el aire que respiramos, la litosfera, que provee el suelo que nos sustenta, la hidrosfera, donde se encuentra el agua que consumimos y la biota, en la se agrupan todos los seres vivos y donde el hombre es el integrante más activo, forman parte del Medio Ambiente. La parte de este sistema dinámico donde existe la vida se denomina biosfera.

El funcionamiento de la biosfera puede resumirse como un ciclo en el que se establece un sistema de relaciones (ecosistemas) que mantiene el equilibrio ecológico sobre la Tierra. La evolución del comportamiento del hombre, principal modificador del Medio Ambiente, en pos de un desarrollo tecnológico e industrial ha desencadenado en la actualidad una crisis ambiental o ecológica de características especiales y alcance mundial. La Cumbre de la Tierra o Cumbre de Río, celebrada en 1992 señaló entre los indicadores más significativos de la crisis ambiental los siguientes:

- Cambio climático como consecuencia del efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono.
- Deterioro de los suelos
- Pérdida de especies debido al agotamiento de recursos naturales y pérdida de biodiversidad
- Aspectos socioeconómicos (explosión demográfica, desequilibrio Norte/Sur, contaminación severa de las aguas, suelos, aire)
- Incremento de accidentes medioambientales de carácter grave

Estos indicadores tienen su origen en el desarrollo social, las condiciones urbanas e exigencias en el avance tecnológico y demanda de recursos energéticos y minerales.

La contaminación que se produce en las aguas interiores y marinas en el país es el resultado del vertido de residuales sin tratamiento o con tratamiento deficiente ya sea por inexistencia de redes de alcantarillado o por un ineficiente funcionamiento de plantas de tratamiento y lagunas de estabilización, así como la poca reutilización y aprovechamiento de residuales líquidos de la actividad agroalimentaria e industrial.

El control de la contaminación permite identificar potenciales amenazas para la salud humana y ecosistemas naturales, evaluar la eficiencia de las medidas de control de la contaminación, determinar cumplimiento con patrones nacionales e internacionales y otros.

Actualmente en nuestro municipio están identificadas las fuentes contaminantes las cuales son:

FUENTE CONTAMINANTE	Vierte a	Origen de la contaminación.	DBO Tn/año Generada	DBO Tn/año Dispuesta
1 Hospital Infantil "Herman. Cordobés"	Gua	Doméstico	18	7
2 Facultad De Ciencias Medicas	Gua	Doméstico	180	180
3 Hospital Provincial "Celia Sánchez"	Gua	Doméstico	58	58
4 Fca. De Conservas La Manzanillera	Gua	Industrial	7	3
5 Aeropuerto "Sierra Maestra"	Gua	Domestico	2	0
6 Asentamiento Manzanillo	Gua	Domestico	1496	1496
7 Asentamiento San Francisco	Gua	Domestico	22	22
8 Combinado Pesquero Induman	Gua	Industrial	15	9
9 Combinado Cárnico	Yara	Industrial	6	6
1 Pasteurizadora	Yara	Industrial	8	8
0 Centro Porcino Palmas Altas	Yara	Agropecuario	108	10
1 Fca De Baterías XX Aniver.	Yara	Industrial	4	2
2 Alumec	Yara	Industrial	5	5
3 Asentamiento Las Novillas	Yara	Doméstico	36	36
4 UCP Blas Roca Calderío	Yara	Domestico	13	13
5 Centro Penitenciario Manzanillo	Yara	Doméstico	13	2
6 Centro Porcino La Demajagua		Agropecuario		
7	Gua		18	18
.				
1 Centro Porcino La Internacional	Gua	Agropecuario	1	0
8				
.				

1	Centro Porcino La Demajagua Flora Y	Gua	Agropecuario	1	0
9	Fauna				
TOTAL				2011	1875
2	Molino Arrocerero Julio Zenón	Atmosfera	Agropecuario	(4650 Ton de cáscara de arroz) que equivale a 214 830,00 kg de CO ₂ vertidos a la atmosfera	
0					

Una opción de análisis prioritario ante una corriente residual viene dada por la posibilidad de su aprovechamiento.

Pues las aguas residuales tratadas, las principales categorías de reutilización que se contemplan son recarga acuífera, riego agrícola y de áreas verdes, y reutilización para el abastecimiento de agua. Un plan para la recuperación y reutilización de aguas residuales concebido integralmente debe incluir los siguientes análisis.

- Necesidades de tratamiento y evacuación
- Demanda y recursos de agua de abastecimiento
- Beneficios en el abastecimiento en función del potencial de reutilización
- Mercado para el agua recuperada
- Estudio costo beneficio.

Cuando se trata de efluentes líquidos con contaminación orgánica, pueden existir dos posibilidades según la concentración de la materia orgánica:

1. Efluentes con alta concentración de contaminantes, como el agua de procesos fabriles Cárnico, Lácteos, Conservas de Vegetales, Centros Porcinos, cuyos efluentes pueden ser usados como materia prima en procesos fermentativos
2. Efluentes con baja concentración de materia orgánica. Son mas difíciles de aprovechar por la dilución de la materia orgánica que presentan, y por los bajos rendimientos de los productos a obtener.

Del total de fuentes contaminantes Industriales son (10), Asentamientos Urbanos (4), Instituciones Sociales y de Salud (5) todas generadoras generar grandes cantidades de residuos sólidos y consumidoras de una gran cantidad de agua, que representa una seria problemática ambiental, debido a que son aguas residuales con alto de

grado de contaminación expresados en términos de Demanda Bioquímica de

Oxígeno, generada están en $2011 \text{ TonDBO}_5/\text{año}$ y depositada $1875 \text{ TonDBO}_5/\text{año}$

que van a parar a una laguna de oxidación, con un previo tratamiento, el cual no es eficaz. Esta agua cuyo destino final es la evaporación, no tiene aprovechamiento ninguno, por lo que se considera como una pérdida económica, al consumirse en los diferentes procesos, sin poder darle otro uso, y adquirir nuevos valores

Por ello realizamos un análisis económico del empleo del agua residual utilizando el método de digestión anaerobia, con el fin de disminuir la contaminación ambiental y lograr energía renovable.

Por ello realizamos un análisis económico del empleo del agua residual utilizando el método de digestión anaerobia, con el fin de disminuir la contaminación ambiental y lograr energía renovable.

MATERIALES Y METODOS. Caso de análisis Combinado Cárnico Raúl Chacón Jorge

ANÁLISIS ECONÓMICO AGUAS RESIDUALES.

El análisis económico se realiza a partir del ahorro de agua que es posible obtener a partir del reuso de agua en el proceso de biodegradación anaeróbica para obtener energía, por lo que el agua utilizada alcanza otro valor de uso, es decir el valor aportado a la energía obtenida, los residuales sólidos que el proceso genera y la reutilización del agua tratada.

LAS ALTERNATIVAS QUE SE CONSIDERAN SON LAS SIGUIENTES:

1. Alternativa # 1 Caso Base. Consiste en la utilización del agua de todo el proceso industrial y su total inutilidad, debido a que toda va a parar a la laguna de oxidación, la cual es considerado como alto consumos de agua potable en la zona de estudio.
2. Alternativa # 2 Sistema de Tratamiento de Residuales Sólidos, Líquidos y Laguna Tapada. Consiste en el aprovechamiento de agua del proceso industrial en el proceso de biodegradación, mediante el uso de biodigestores de flujo pistón, UASB y laguna tapada para de esta manera disminuir los consumos de agua potable en la zona de estudio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ALTERNATIVA # 1 CASO BASE. UTILIZACIÓN DEL AGUA DE TODO EL PROCESO INDUSTRIAL Y SU TOTAL DESUSO,

Para la determinación del costo del Caso Base se tiene en cuenta el consumo promedio mensual de agua que se tiene realmente en la zona de estudio el cual incluye el uso de la laguna de oxidación, y el precio correspondiente al m³ de agua potable. El costo se determina a través de las expresiones 1 y 2, dadas a continuación:

$$C_{MLO} = Q_{H_2O_{LO}} \times P_{LO} \times d \quad (1)$$

$$C_{MH_2O} = Q_{H_2O} \times P_{H_2O_{INRH}} \times d \quad (2)$$

Donde:

C_{MLO} ⇒ Costo Mensual del uso de la Laguna de Oxidación.

C_{MH_2O} ⇒ Costo Mensual del Agua suministrada por INRH, Acueducto

P_{LO} ⇒ Precio de uso de la Laguna de Oxidación (0.02 \$/m³)

$P_{H_2O_{INRH}}$ ⇒ Precio del Agua suministrada por INRH, Acueducto (13.786 \$/m³) Valor del m³ de agua potable expresado en CUC. Se considera la igual de valores en la moneda \$ 1.00 MN = \$ 1.00 CUC

d ⇒ Días del mes

Q_{LOH_2O} ⇒ Flujo de Agua que llega a la Laguna de Oxidación.

Q_{H_2O} ⇒ Flujo de Agua que llega por la redes del acueducto.

Para determinar

$$C_{ABC} = (C_{MLO} + C_{MH_2O}) \times 12 \quad (3)$$

Donde:

C_{ACB} : Costo del Caso Base (CUC x m³/año).

Tabla # 1 Alternativa n° 1 Costos de los servicios

Actividad	Mes	Año
-----------	-----	-----

	Consumo m^3	Costo $\$/m^3$	Consumo m^3	Costo $\$/m^3$
Laguna de Oxidación	6 135	122.7	73 620	1 472.4
Industria	5 600.4	77 207.11	67 204.8	926 418.2
Total	11 735.4	77 329.81	140 824.8	927 890,57

Los consumos de agua en la industria deberían ser iguales a lo que llega a la Laguna de Oxidación, pero existen pérdidas en la trayectoria

ALTERNATIVA # 2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUALES SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y LAGUNA TAPADA

Para determinar el costo de la Alternativa Propuesta para el reuso del agua, se realizó una estimación de las necesidades de la misma en el proceso de biodegradación anaeróbica para obtener energía, y el valor aportado por el agua a la energía y los residuales sólidos obtenidos

A continuación se expone el cálculo realizado para determinar la cantidad de agua necesaria.

PRODUCCIÓN TOTAL DE DESECHOS INDUSTRIALES.

La industria de procesamiento de la carne, puede generar grandes cantidades de residuos sólidos, estiércol producto de la actividad de estabulación, el material generado durante el transporte de animales, así como los residuos procedentes de las fases de procesamiento, por lo que estos procesos industriales consumen una gran cantidad de agua.

Según estudios realizados en el Combinado Cárnico Raúl Jorge de Mzlló, El tiempo de estabulación de los animales a sacrificar es de 24 horas por día, para de esta manera reducir al máximo el contenido estomacal de los mismos, además se obtuvieron los datos de los desechos sólidos del proceso fabril, así como los generados por el agua residual por medio de mediciones de laboratorio. Estos se obtuvieron según estudios realizados.

Tabla # 2 Rendimiento real de los diferentes tipos de excretas según tipo de animal

(11)

Tipo	Cantidad C_{Cab}	Cantidad de Sólidos Generados	Producción de Biogás
	Uno	$kg/día$	m^3
Cerdo *	56,00	376	4.51
Vacas *	24	720	6.62
Rumen	24	3495	29.64
Residual Sólido arrastrado por agua		66	2.2
Totales			42.94

Para este ejemplo se tomarán 3 Kg. de agua por cada Kg. de estiércol, para garantizar las condiciones críticas de operación

$$C_{\text{Agua}} = 3 * C_{\text{ED}} = 18600 \text{ kgs} \approx 18.6 \text{ m}^3.$$

Aquí se plantea la utilización del agua residual del proceso industrial, con los datos de GEOCUBA , para favorecer el proceso de codigestión. Si agregamos que esta

agua residual tiene la siguiente carga contaminante 2883 mg/l (DBO_5) y

51408 mg/l (DQO), la cual genera $Q_{\text{Biogás}} = 184.93 \text{ m}^3/\text{día}$, según la metodología de cálculo de Chenicharo .

Y al tener en cuenta el resto del agua residual $C_{\text{Agua Residual}} = 194 \text{ m}^3$, considerando un biodigestor UASB cuya eficiencia esta en el orden del 70% y que mantiene la misma

carga contaminante, y genera $Q_{\text{Biogás}} = 31484 \text{ m}^3/\text{día}$, según la metodología de cálculo de Chenicharo.

Se propone un sistema de laguna tapada para reducir al mínimo la carga contaminante de estas agua que según la Norma Cubana # 27 / 99, es del orden

$0.07 \text{ kg}_{\text{DQO}}/\text{m}^3$, y considerando que el 20 % del agua se consume en la producción de lodos, se reducirá el volumen de agua a tratar en la laguna que alcanza un valor

de 155.2 m^3 y genera $Q_{\text{Biogás}} = 1276.4 \text{ m}^3/\text{día}$, estos datos están reflejados en la tabla # 3.

Tabla # 3. Resultados de cálculo de la cantidad de agua utilizada en los diferentes sistemas de tratamiento y Biogás aportado

Biodigestor	Mes				Año			
	Consumo de Agua m^3	Costo $\$/\text{m}^3$	Biogás Aportado		Consumo de Agua m^3	Costo $\$/\text{m}^3$	Biogás Aportado	
			m^3	$\$/\text{m}^3$			m^3	$\$/\text{m}^3$
Sólidos	446	6 148,11	8 427.84	3 792,528	5 352	73 777,32	101 134.1	64 224.00
Líquido	4 560	62 859,6	94 452.00	42 503,4	54 720	754 315,2	1 133 424	510 040,8
Laguna de	3 648	72.96	38 291.00	17 230.95	43 776	875,52	459 492	206 771.4

Oxidación								
Total	8 654	69'080,67	141106.11	63 526,88	103 848	828'968,04	1 694 050.1	781 036,2

Precio del Biogas según experiencias cubanas 0,45 \$ / m³. ⁽³⁾

Después de haber realizado los análisis pertinentes en cada uno de los casos

El valor del ahorro económico del reuso del agua se determina a partir de los costos para las alternativas planteadas anteriormente como Caso Base Alternativa 1 (Tabla # 1) y como Alternativa Propuesta Alternativa 2 (Tabla # 3) para la zona de estudio, mediante la expresión 4 que se plantea a continuación:

$$A_h = C_{CBm} - C_A \quad (3)$$

Tabla # 5 Cálculo de las propuestas de ahorro económico de ambas alternativas

Alternativas	Mes		Año	
	Consumo m ³	Costo \$/m ³	Consumo m ³	Costo \$/m ³
# 1	11 735.4	77 329.81	140 824.8	927 890,57
# 2	8 654	69 080,67	103 848	828'968,04
Ahorro	3 081,4	8 249,14	36 976,8	98'922,53

Después de haber realizado la propuesta de digestión anaerobia para la alternativa # 2 el valor del ahorro económico por la producción de se calcula utilizando la expresión (3) y sus valores aparecen tabulados en la tabla # 6

Tabla # 6 Cálculo de las propuestas de ahorro económico de ambas alternativas según aporte medio ambiental

Aportes obtenidos	mes		Año	
	Aporte m ³	Valor Económico Aportado \$	Aporte m ³	Valor Económico Aportado \$
Consumo Industrial + Laguna de Oxidación	0	0	0	0
Aportado por el reuso del Agua en los procesos anaeróbicos	3 081,4	8 249,14	36 976,8	98'922,53

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE DERIVADOS DEL BIOGAS.

Como resultado del proceso de digestión anaerobia además de biogás se obtiene un residual líquido y un lodo digerido, ambos con muy buenas propiedades fertilizantes.

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE NUTRIENTES QUE SE PUEDEN OBTENER

A continuación se muestra en tabla la cantidad de nutrientes que contiene cada sustrato y la cantidad de estiércol generada, entonces calcularemos la producción anual de estos elementos utilizando el software de cálculo diseñado

En la tabla 7 se expresa la concentración de nutrientes encontrados en efluentes de biodigestores con distintos tipos de residuos.

Tabla 7 Concentración de Nutrientes (en % de Sólidos Totales) encontrados en efluentes de biodigestores.

Concentración de Nutrientes (en % de Sólidos Totales) encontrados en efluentes de biodigestores para una año de trabajo.						
Tipo de Lodo	N_{RAG}	N_T (Ton)	P_2O_5	P_2O_{5T} (Ton)	K_2O_5	K_2O_{5T} (Ton)
Efluente bioabono líquido (digerido)	0,10-0,30	1070.8	0,08-0,1	4818.6	0,06-0,09	401.55
Efluente bioabono sólido (húmedo)	1,5-3,5	1.20	1,2-2,5	0.89	1,5-4,1	1.35
Nutrientes Totales		1072.00		4819.49		402.9

Fuente: *(3)

** (1)

La cantidad de nutrientes se calcula a través de la siguiente fórmula

$$N_{Total} = \left(\frac{C_{LDg} * CN_{\%N}}{100} \right) * \frac{DT}{1000}$$

Donde

N_{Total} → Nitrógeno total que se obtiene (Ton)

C_{LDg} → Cantidad de lodo generado por tipo (Kg.)

$CN_{\%N}$ → Concentración de nitrógeno según tipo de lodo (%)

DT → Días de Trabajo

Con un porcentaje de pérdidas (%) para el

$N_{Total} \rightarrow 60$, $P_2O_{5Total} \rightarrow 40$, $K_2O \rightarrow 40$

$$N_{TotalGenerado} = N_{Total} * \left(\frac{100 - \%Pérdidas_{TN}}{100} \right)$$

Donde:

$N_{TotalGenerado} \Rightarrow$ Nitrógeno Total generado en función de las pérdidas

$N_{Total} \Rightarrow$ Nitrógeno total que se obtiene (Ton), calculado anteriormente

$\%Pérdidas_{TN} \Rightarrow$ Por ciento de pérdidas del nutriente

De esta manera se calcula ⁽²⁾ teniendo en cuenta las perdidas cada uno de los nutrientes obteniéndose los siguientes resultados ver tabla 8

Tabla 8 Cantidad Total teniendo en cuenta las perdidas

Producción Anual de Elementos Principales (Ton)	Cantidad Total teniendo en cuenta las perdidas
$N_{Total} \rightarrow$	428.8
$P_2O_5_{Total} \rightarrow$	2891.7
$K_2O \rightarrow$	241.74
Total	3562.22

APORTE ECONÓMICO DE LOS BIOABONOS.

Tabla # 9 Costos de los fertilizantes Cuba 01/2009 y ahorro obtenido.

PRECIOS FERTILIZANTES COMERCIALES				
Fertilizante Químico	Concentraciones	$\$/Ton$	$\$/litro$	Ahorro $(\$/Ton)$
Urea perlada (46-0-0)	46	646.71		2147389.1
Fitomase			1.64641	
Cloruro de Potasio (0-0-60)	60	533.68		129010.734

- Datos Obtenido del Dpto. de Economía. Empresa De Aseguramiento a la Actividad Agrícola

Recomendaciones

Aplicar este estudio a todo tipo de centro de procesamiento industrial que genere residuos biodegradables, y a su vez utilice de agua en el proceso, la valoración económica será en dependencia de los volúmenes que se manejen.

Aplicar la tecnología de la bio digestión anaerobia, de manera tal que el agua obtenga otro valor de uso.

Conclusiones

Realizando comparaciones respecto a los consumos y costos del agua el proceso anaeróbico consume menor cantidad de agua, la diferencia radica en los costos de utilización de la fuente de suministro, para el caso base solo hay dos consumos con dos precios diferentes, sin embargo en el la alternativa propuesta utilizamos dos procesos con una forma de pago INRH, y uno por concepto de uso de Laguna de Oxidación; pero los costos finales disminuyen con el aporte energético, y la obtención de lodos orgánicos, es por ello que argumentamos que el agua reutilizada dentro de los procesos anaeróbicos aporto un nuevos valores de uso.

Bibliografía

- Angelika, D. D. S. (2008). Biogas from Waste and Renewable Resources. Germany.
- Autores, C. d. (2009). Estudio Físico Químico de la laguna de oxidación. . Bayamo, GEOCUBA: 20.
- Chernicharo de Lemus, C. A. (2007). Princípios do tratamento biológico de águas residuarias. DESA. Minas de Gerais, DESA. 1.
- Gutiérrez Díaz, J. (2003). "Reuso de agua y nutrientes. ." Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente 4: 11.
- Hernández Sancho, Francesc; Molinos Senante, María.y Sala Garrido, Ramón (2003). "Valoración Económica de los Beneficios Ambientales del Proceso de Depuración de Aguas Residuales . ." Rect@ 17(1:103): 22.
- Ignacio, H. J.-H. (2008). "Matriz De Calculo Económico Energético Para Biodigestores Rurales." 7: 1.
- Lettinga, G. e. a. (1980). "Use of upflow sludge blanket reactor concept for biological wastewater treatment specially for anaerobic treatment"." Biotechnol. Bioeng XXII: 699-734.
- Pérez, J. (1998). Análisis de la viabilidad del uso de lodos anaerobios como alimento animal, . CEBI. Santiago de Cuba, Universidad de Oriente: 80.
- Rodríguez Alarcón, D. (2012). PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUALES DEL COMBINADO CÁRNICO RAÚL CHACÓN DE MANZANILLO, COMO ALTERNATIVA DE LAS PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS. CEEFE. Santiago de Cuba, Oriente: 84.
- Viñas, M. R., N. ; García, R (1995). Tratamiento de residuales agropecuarios, . II Congreso AIDIS de Norteamérica y el Caribe. Santiago de Cuba, II Congreso AIDIS de Norteamérica y el Caribe.

Propuesta para el tratamiento de los residuales líquidos y sólidos generados por el proceso industrial

