

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Ingeniería Mecánica



Tema: Evaluación técnica-económica de los digestores de Geomembrana (PVC tubular) adquirido por la ANAP en la provincia de Ciego de Ávila. Estudio del caso CCS Delfín Luis Paz

Autor: Denis Rubén Rodríguez Álvarez

Tutores: Dr. C Jesús M. Guzmán Chinaa

Lic. Elizabeth Guzmán Marrero.

Colaborador: Ing. Orlando M. Stable Rodríguez

MSc. Ramón C. Acosta Álvarez

Año 56 de La Revolución

2014 – 2015

Pensamiento

**“NO HAY EN LA TIERRA VIDA MÁS HONRADA QUE LA QUE UNO SE
ABRE CON SUS PROPIOS BRAZOS”.**

Agradecimiento:

A MIS PADRES POR EL APOYO, EL CARIÑO Y EL AMOR INCONDICIONAL CON QUE ME ALENTARON PARA SER UN GRADUADO UNIVERSITARIO.

A MI TUTOR DR. C JESÚS M. GUZMÁN CHINEA Y A SU HIJA, LIC. ELIZABETH GUZMÁN MARRERO, POR SU ORIENTACIÓN Y GUÍA.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA FORMA U OTRA HAN HECHO POSIBLE LA CULMINACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A TODOS MUCHAS GRACIAS, DENIS R.

Dedicatoria:

DEDICO ESTE TRABAJO A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE SON PARTE DE MI VIDA DESDE MI CRIANZA HASTA LA FECHA PRESENTE.

ESPECIALMENTE:

A MIS PADRES OSVALDO RODRIGUEZ LORENZO, ODALIS ALVAREZ BRUNET Y MIS ABUELOS.

AQUELLAS PERSONAS QUE HICIERON POSIBLE QUE YO PUDIERA CONCLUIR CON LA TESIS.

Resumen:

En el presente proyecto se trabajó el estudio de evaluación ex post de los digestores de geomembrana (PVC tubular) adquirido por la ANAP en la provincia de Ciego de Ávila, para que contribuyan de alguna manera con el ahorro por autoconsumo de biogás en sustitución de la leña en el país al igual que lo referido con el tema de contaminación del medio ambiente y su aprovechamiento como abono para los cultivos en la agricultura.

Para el cumplimiento del objetivo planteado se analizaron los principales factores que influían en buen funcionamiento de los digestores, se realizó un diagnóstico al lugar objeto de estudio y se trazaron los objetivos del proyecto basándonos en el potencial de residuo porcino que se genera, determinando la obtención mensual de biogás, lodo y biol, teniendo en cuenta que se trabajó con un digestor discontinuo. En la realización del estudio se utilizaron las técnicas de presupuestación de capital; VAN, TIR, IR.

Summary

In this project the ex post evaluation study of the digesters geomembrana (PVC tube) acquired by the ANAP in the province of Ciego de Avila worked, to contribute in some way to saving for consumption of biogas in replacing the firewood in the country as regard to the issue of environmental pollution and its use as fertilizer for crops in agriculture

To comply with the stated objective the main factors influencing functioning digesters analyzed, diagnosed the site under study was carried out and the project objectives based on the potential of pig waste generated were plotted, determining obtaining monthly biogas, sludge and biological, considering that worked with a batch digester. In carrying out the study the capital budgeting techniques were used; NPV, IRR, IR.

Índice

Introducción.....	7
Capítulo I: Marco teórico referencial.....	10
1.1 Generación de residuos orgánicos	10
1.1.1 Residuos porcinos	12
1.1.2 Los Residuos vacunos:	14
1.2 Codigestión de residuos orgánicos.....	17
1.3 Proceso de digestión anaerobia	19
1.3.1 Factores que influyen en el proceso de digestión anaerobia	21
1.4 Tecnologías de digestión anaerobia.....	22
1.5 Reactores de biogás	24
1.5.1 Tipos de reactores y sus características	25
1.6 Evaluación de proyectos de inversión.....	33
1.6.1 Los proyectos de inversión. Principales componentes.	33
1.6.2 Las diferentes etapas y fases de un proyecto.	35
1.6.3 Evaluación Ex Post.....	39
Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC).....	45
2.1 Diagnostico de los digestores en los municipios de Morón y Florencia.	45
2.2 Metodología para obtener producción de biogás y proporción de metano.	56
2.3 Análisis críticos de la metodología de evaluación de proyectos.....	63
2.4 Procedimientos a emplear. (Sosa-Mata 2010).....	66
Capitulo III. Análisis de los resultados.	72
3.1 Caracterización de la CSS Delfín Luis Paz.	72
3.2 Análisis y discusión de los resultados técnicos.	74
3.3 Informe de la evaluación Ex Post del Digestor de Geomembrana de la CSS Delfín Luis Paz.	77
3.4 Impacto medio ambiental.	88
Conclusiones.....	90
Recomendaciones:.....	92
Referencias Bibliográficas:	93
Anexos	95

INTRODUCCIÓN

Introducción

La situación actual del panorama energético es muy controvertida. El consumo aumenta y es previsible que siga aumentando. Las fuentes de que se dispone son múltiples pero solo unas pocas tienen una importante aportación al abastecimiento, justamente aquellas que por sus previsibles efectos futuros o experiencias del pasado, han ocasionado un importante rechazo popular. Estamos frente a un dilema energético: se necesita más energía pero no se aceptan las fuentes que permiten su abastecimiento, hasta tal punto que la energía, base del desarrollo, es considerada, hoy, como un “diablo necesario”.

Los hidrocarburos son una de las grandes bases energéticas de la sociedad, pero son de tipo no renovables, que una vez agotadas las reservas en el mundo no podrán ser repuestas.

El incremento de la población en el mundo, la demanda de energía y la contaminación ambiental crecen de forma acelerada, sin embargo la producción de energía no se incrementa de la misma manera.

La crisis energética de la década de los 70 introdujo una nueva línea de pensamiento en materia de energía y sus formas tradicionales han dado paso a la búsqueda de energías renovables como sustitutos del petróleo, sus derivados y demás combustibles fósiles, los cuales tienden a agotarse en un futuro cercano y a su vez producen gases de efecto invernadero durante su transformación.

Las formas de energía renovable son muchas en la naturaleza e incluyen la energía solar, la eólica, energía marítima, geotérmica, energía de la biomasa, etc.

Los recursos energéticos renovables no producen el efecto de los fósiles, solamente la biomasa produce CO_2 en su uso, sin embargo a juicio de los expertos, la cantidad emitida puede ser balanceada con la fijación de esta sustancia durante el proceso de fotosíntesis, por ello si es usada adecuadamente y de forma sustentable, el balance neto es cero.

INTRODUCCIÓN

Una de las maneras de convertir esta biomasa en energía ha sido mediante la degradación anaerobia para la obtención de biogás o gas de los pantanos como también se le conoce. Este recurso se ha utilizado desde las penurias de la segunda guerra mundial, en sus inicios, su uso como fuente de energía estuvo dirigida hacia la cocción de alimentos y la iluminación. En la actualidad, este gas ha representado una alternativa para la generación de energía eléctrica lográndose reducciones hasta del 40% en los costos del Kwh comparado con la generación a partir de combustibles convencionales (CIPAV., 1997).

En Cuba más del 80 % de la generación eléctrica se realiza a partir de combustibles fósiles (fuel oil, crudo nacional y diesel), por lo que reviste especial importancia la participación de otras fuentes energéticas que contribuyan a su sustitución. (Meneses, E., 1998).

Una de las principales fuentes de energía renovable existente en el país es precisamente la biomasa, (176 000 tep/a) (Red solar, 2004; Turrini, E., 2006.) ya que no existen grandes ríos, ni zonas con altas velocidades del viento. La biodegradación de esta biomasa para la producción de biogás podría aportar beneficios no sólo energéticos, sino también ambientales contribuyendo al mejoramiento del entorno rural, urbano e industrial y a la recuperación de los suelos. (Doria, A., 2001)

El sistema electroenergético nacional ha sufrido cambios en los últimos años, llevando a cabo una política de descentralización basada en la instalación de grupos electrógenos que utilizan diesel y fuel oil para su funcionamiento. Sin embargo existen reportes en la literatura que afirman que el uso del biogás podría sustituir a estos combustibles fósiles en un 80 % o más. (CIPAV., 1997).

Situación Problema:

El desconocimiento del costo-beneficio aparejado a la aplicación de los nuevos biodigestores de Geomembrana como una nueva experiencia para el país.

Problema de investigación:

¿Cuál es la factibilidad económica del empleo del biodigestor de Geomembrana (Tubular PVC) adquirido por la ANAP?

INTRODUCCIÓN

Objetivo General:

Evaluar de forma Técnico – económica el proyecto de plantas de tratamiento de residuales de digestores de Geomembrana adquiridos por la ANAP para su empleo en la C.C.S de la provincia de Ciego de Ávila. Estudio de caso C.C.S Delfín Luis Paz.

Objetivos Específicos.

- 1- Revisión bibliográfica sobre digestores de Geomembrana, incluyendo experiencias existentes.
- 2.- Diseño de propuesta de metodología para la evaluación ex post de inversiones de plantas de tratamiento de residuales de digestores de Geomembrana.
- 3.- Aplicación de las metodologías para la evaluación Técnico – económica del proyecto de planta de tratamiento de residuales en digestores de Geomembrana.

Hipótesis:

Al aplicar el procedimiento metodológico para la evaluación del proyecto del digestor de geomembrana de la CSS Delfín Luis Paz se logra conocer la eficiencia técnica-económica del mismo durante su explotación.

Diseño Metodológico de la Investigación:

Se aplicarán técnicas documentales de recopilación de la información, tales como: revisión de trabajos vinculados al tema en cuestión, utilizando la INTERNET; y la recopilación de los datos necesarios. Se aplicarán además, herramientas para la gestión de los procesos y las técnicas estadísticas como: el manejo de la información (recopilación, registro, procesamiento, representación de datos y encuestas); los métodos químicos; análisis de laboratorio; métodos matemáticos (simulación, optimización, modelación matemática, etc.); metodología ambiental y análisis comparativo según las leyes Cubanas; así como los programas estadísticos y matemáticos aplicados: Excel y Statgraphics.

Capítulo I: Marco teórico referencial

Capítulo I: Marco teórico referencial

1.1 Generación de residuos orgánicos

Generación de residuos orgánicos

La generación de residuos en los procesos productivos se debe interpretar como un síntoma de ineficacia de un sistema productivo en el que se pierde gran cantidad de materiales que pasan a ser residuos en forma de emisiones, vertidos o desechos.

El modelo de producción actual necesita de importantes aportaciones de materias primas y energía, recursos que en muchos casos son escasos o están próximos a agotarse. Este modelo de producción lineal no cierra los ciclos productivos, como sí hace la naturaleza, en la que no hay residuos ya que todos los materiales se reutilizan y forman parte de nuevos procesos.

Actualmente se vive en un modelo de producción que genera más residuos en cada una de sus fases (extracción de materias primas, transporte, fabricación, distribución y consumo) que la cantidad de bienes que produce. Este modelo no respeta los ciclos de la naturaleza ni tiene en cuenta sus límites físicos y ambientales, teniendo importantes consecuencias en el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación del aire, del agua y del suelo.

Los residuos y su minimización también son una oportunidad para las empresas para mejorar el funcionamiento de sus procesos productivos por lo que si se pretende alcanzar un desarrollo sostenible no sólo se tendrá que realizar una correcta gestión de los residuos, sino que será necesario además, desarrollar los procesos productivos hacia la producción limpia, aumentando la eficiencia en el uso de recursos naturales, fomentando la prevención en la generación de residuos a través del eco diseño de los productos, priorizando la reutilización y el reciclaje, con el objetivo de cerrar los ciclos productivos.(Jesús Pérez Gómez, 2010)¹

Un residuo es todo aquello que se genera como consecuencia no deseada de una actividad humana y en general, de cualquier ser vivo. El ser humano, para subsistir tiene que transformar de manera continuada ciertos productos que se

Capítulo I: Marco teórico referencial

encuentran a su alcance en otros que pueda asimilar, generando consecuentemente una parte de residuos.

Los sistemas naturales no generan productos residuales de forma acumulable. El ciclo natural de la materia es cerrado y con el conjunto de los elementos químicos se hacen y deshacen toda una serie de estructuras sin generar ningún tipo de residuo que no sea asimilable por la propia naturaleza.

Es la intervención humana la que rompe este ciclo natural de la materia, cuando el hombre quiere obtener bienes que necesita para progresar y mejorar su calidad de vida. De esta manera, el hombre extrae las primeras materias y después de procesarlas y de utilizarlas deja una serie de restos que no son asimilables, sino que se acumulan o se depositan en zonas y lugares en muchas ocasiones sin ningún tipo de tratamiento.

La problemática de la producción creciente de residuos es ya un asunto de interés mundial. Reducir los residuos en el lugar donde se producen y reciclarlos son los mejores métodos para parar la creciente oleada de producción de desechos a todos los niveles.

El concepto de residuo orgánico viene definido de diversas formas:

Según la O.C.D.E. (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) se define, el residuo como “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no tienen, en el contexto en el que son producidas, ningún valor económico”.

Se define como Residuos Sólidos Urbanos “a los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como a todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en dichos lugares o actividades”.

Tendrán también la consideración de residuos urbanos los siguientes: “los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas. Animales domésticos muertos, así como muebles, utensilios y vehículos abandonados. Residuos de escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria”. **(Sr. Josep M.^a Casas Sabata, Sr. Albert Torras, Sr. Enric Garriga Elies, & Sra. Meritxell Martell, 2005)²**

Capítulo I: Marco teórico referencial

Estos materiales pueden estar en cualquier estado físico (sólido, líquido o gaseoso) y pueden ser liberados a cualquier medio receptor (agua, suelo, atmósfera). Por tanto, esta definición de residuo no sólo incluye los residuos sólidos, sino también los efluentes líquidos y las emisiones gaseosas.

1.1.1 Residuos porcinos

El aumento de la producción porcina conlleva, necesariamente, el aumento de la producción de residuos. El principal problema para la gestión de los residuos no es tanto la cantidad total, sino la excesiva concentración en determinadas áreas, que supera la capacidad de aceptación del medio.

La cantidad y calidad de residuos producida varía mucho, dependiendo del tipo de animal, de la composición de la alimentación y del sistema de manejo de la granja (sistema de alimentación, bebederos, sistema de limpieza, tipo de estercolero o balsa, etc.). A pesar de ello, en la bibliografía hay valores medios de producción de purín por animal y día. A partir de los datos del censo, y de las equivalencias propuestas por Danés *et al.* (1996), se puede estimar la producción de purín.

El contenido de nutrientes, N, P y K del residuo, depende directamente de la dieta. De hecho, mediante la formulación del pienso el contenido de N del purín se podría llegar a reducir hasta un 50-65% (Pomares *et al.*, 1999).

Las excretas porcinas es una mezcla compleja compuesta por una porción de alimento sin digerir, bacterias arrastradas del tracto digestivo, líquidos digestivos y agua. La porción fecal del estiércol contiene un gran número de ingredientes alimenticios en su forma original. Las excretas así mismo contienen sustancias las cuales fueron transformadas por la actividad metabólica de las bacterias en el tracto digestivo, así como por la acción enzimática de los jugos digestivos.

Las excretas porcinas también puede ser considerada como un fango líquido con una concentración media en materia seca en el entorno del 6 %, con una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de alrededor de 75.000 mg/l y una Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de aproximadamente 26.000 mg/l.

Capítulo I: Marco teórico referencial

El empleo de una determinada tecnología en el tratamiento de los residuales porcinos está en dependencia de los siguientes factores:

- Cantidad de animales en granja y los que se pretendan incorporar en un futuro inmediato
- Disponibilidad de terreno para realizar la construcción del sistema de tratamiento de los residuales.
- Recursos financieros y materiales de que se disponga para tratar los residuales.
- Disposición final de los efluentes o residuales de los sistemas de tratamiento de residuales (IIP, 2005).

En las excretas se encuentran, cantidades apreciables, de elementos fertilizantes en proporciones que oscilan alrededor de los siguientes valores, al cabo de unos tres días de ser producidos:

Nitrógeno total 0,68%

Nitrógeno orgánico 0,15%

Nitrógeno amoniacal 0,53%

Fósforo 1,40 g/m³

Potasio 6,12 g/m³

La producción de biogás a partir de residuos porcinos presenta diferencias de acuerdo al tipo de establo. En establos sin pavimentar se recogerá únicamente la parte sólida de la excreta, y deberá instalarse de una cámara de pre-mezcla donde se mezclen la excreta y agua. La función será doble, de homogeneizador y de desarenado. Esta mezcla deberá ser mecánica o cerrada, puesto que de forma manual resulta repulsivo y no se aconseja.

En establos de suelos pavimentados se recolectará de forma conjunta la orina y la excreta. Siempre que la topografía lo permita, la circulación de la mezcla e introducción al digestor se hará por gravedad. El agua de limpieza se minimizará, para no aumentar el volumen del digestor. Normalmente se colectará el estiércol en baldes. En estos casos deberá de instalarse una trampa de arena, para evitar que esta entre en el digestor.

Capítulo I: Marco teórico referencial

La aplicación al suelo ha sido y será la forma más beneficiosa de gestión de las producciones de excreta porcina, por sus características físico-químicas en virtud de los nutrientes, incluida la materia orgánica de la que nuestro suelo es en general deficitario. Superados los límites de tolerancia del suelo local cabría el transporte a zonas alejadas de los lugares de producción, lo cual, considerando que la excreta porcina tiene un alto contenido en agua (95 %) tiene una vertiente económica difícil de soslayar.

En este sentido un tratamiento que estabilice y neutralice en la medida de lo posible los componentes orgánicos y nutricionales del excreta porcina y que reduzca su volumen, facilitaría sin duda el transporte y aplicación a distancia del lugar de producción, evitándose la sobresaturación de los terrenos colindantes, como pasaría con la digestión anaerobia.

1.1.2 Los Residuos vacunos:

Se entiende por residuos ganaderos a aquellos que se generan como resultado de la cría intensiva o extensiva de ganado en cualquiera de sus tipologías.

Esta definición se basa el origen de los residuos, pero dentro de este grupo podemos hacer otras clasificaciones que tengan en cuenta, a su vez, características propias de este tipo de residuos. Así nos encontraremos dentro de este grupo de residuos ganaderos, los siguientes subgrupos:

- Estiércoles: son las deyecciones, sean sólidas o fluidas, de los animales.
- Residuos zoonosanitarios: son los restos de los productos utilizados en las explotaciones para el tratamiento sanitario de los animales, es decir, restos de medicamentos, envases, jeringuillas, objetos cortantes, etc.
- Cadáveres de los animales.

Los residuos ganaderos son muy heterogéneos, están formados por las deyecciones sólidas y líquidas, las camas y restos de alimentos, fitosanitarios, antibióticos, restos de embalajes etc. Se pueden dividir en dos grandes grupos: estiércoles y purines, los primeros están formados por las deyecciones, sólidas, líquidas y las camas del ganado. Los segundos disponen de una gran cantidad de agua en su composición.

Capítulo I: Marco teórico referencial

En cuanto a producción, se acepta, de forma general, una producción media diaria de deyecciones sólidas y líquidas, equivalentes al 7 % del peso vivo del animal pero también sometidas a numerosos factores que inciden en una alteración del valor citado.

El **estiércol de los rumiantes**, particularmente vacuno, es muy útil para iniciar el proceso de fermentación, puesto que este tiene un contenido elevado de bacterias metanogénicas. Por el contrario, la producción de gas será menor que la obtenida por otro tipo de sustratos por dos factores: en primer lugar, los vacunos extraen mayor parte de nutrientes del forraje y dejan complejos lignosos del forraje más fibroso, que son muy resistentes a la degradación anaerobia, y en segundo lugar, porque realizan una digestión anaerobia parcial y reducen así el potencial de producción de la biomasa. La orina, que contiene menos nutrientes, contribuye poco a la producción específica de gas, pero incrementan notablemente las propiedades fertilizantes del biol, a la vez que diluye el sustrato, ahorrando agua. La carga del digestor será más fácil si disponemos de un establo con suelo pavimentado que recoja ambas cosas, estiércol y orina.

1.1.3 Residuos agrícolas.

Entre los productos agrícolas que se han incrementado considerablemente en los últimos años en Cuba, se encuentran las frutas cítricas. De esta manera los desperdicios de estas frutas pueden constituir una fuente potencial de alimentación para el ganado porcino.

Cuando las frutas cítrica se procesan para obtener jugos, queda como residuo del 45 al 60 % de su peso en forma de cáscaras, hollejos y semillas. Al ser éste un cultivo estacionario, en determinadas épocas del año hay disponibles grandes cantidades de desechos agrícolas e industriales de frutas cítricas que son utilizadas en pequeña escala durante la época de cosecha o que se deshidratan y trituran, previa adición de cal, para su posterior empleo en la alimentación animal.

Los resultados en cuanto a la composición química de diferentes pulpas de cítricos analizados en Cuba (Domínguez, 1979): como características

Capítulo I: Marco teórico referencial

generales se puede señalar que estos subproductos tienen un nivel bajo de proteína, y un nivel elevado de fibra para los animales monogástricos, sin embargo, el bajo contenido de lignina es un aspecto que les favorece. El nivel de cenizas es aceptable pero presentan un gran desbalance calcio: fósforo.

La disponibilidad de este subproducto depende del nivel de industrialización que se realice y representa aproximadamente un 50 % de las frutas que se procesan para la obtención de jugos por lo que constituye una cifra importante dada la alta producción en nuestra región de esta fruta que sobrepasa los 30 millones de toneladas.

El café ha sido durante muchos años uno de los cultivos más rentables tanto en América Latina como en otras áreas del mundo. El sistema de procesamiento del café en estos países no ha sufrido cambios a través de los años y genera una gran cantidad de subproducto que de no ser utilizados devienen en problemas de contaminación ambiental. Después de cosechado, el fruto del café se lava y se le elimina la pulpa. El grano despulpado contiene todavía mucho mucílago, el cual se elimina por medio de fermentación natural o bien por tratamiento químico. Una vez liberado del mucílago el grano se deshidrata y se trilla para eliminar la cascarilla o pergamino.

En el proceso de elaboración industrial del arroz para el consumo humano se produce el fraccionamiento del grano originando una serie de subproductos que generalmente se destinan a la alimentación animal (cascarilla, salvado, puliduras y la cabecilla o granos partidos). En Cuba por lo general no se separan el salvado de las puliduras y se obtiene un subproducto al cual se le denomina polvo de arroz. Los niveles de cada uno de estos subproductos son cascarilla 18-20 %, cabecilla 3-4 % y polvo de arroz 9-11 % del peso inicial del grano.

Los residuos de la cosecha (paja, tallos de choclo, hojas, etc.) se usan como forraje o son procesados en otros productos.

La mayoría de los vegetales son adecuados para la fermentación anaerobia. La producción de gas es elevada incluso mayor que la de vacuno.

En una planta continua de tamaño familiar, los residuos de cosecha se deben usar conjuntamente con los excrementos de los animales, aunque deberán someterse a un pre- tratamiento.

Capítulo I: Marco teórico referencial

Además de los problemas ambientales, se trata también de un problema de desaprovechamiento de recursos, puesto que la materia orgánica puede proporcionar abono y energía.

El problema de la no degradabilidad de estos residuos puede solucionarse mediante la mezcla con residuos orgánicos de otras fuentes.

1.2 Codigestión de residuos orgánicos

El tratamiento de dos o más residuos mediante digestión anaerobia se denomina codigestión anaerobia. Frente a procesos de digestión que emplean un solo sustrato este planteamiento cuenta con importantes ventajas técnicas, medioambientales y económicas que se describen a continuación.

La principal ventaja de la codigestión está en aprovechar la sinergia de las mezclas y compensar carencias de cada uno de los sustratos por separado. La codigestión anaerobia permite aprovechar la complementariedad de la composición de los residuos. El mejor ejemplo es la codigestión de deyecciones ganaderas, y en concreto el purín de cerdo, y residuos alimentarios. Los residuos porcinos presentan un potencial de producción de biogás relativamente bajo debido a su poco contenido de materia orgánica, comparados con otros tipos de residuos, y la baja biodegradabilidad de la materia orgánica. Tienen una baja relación C/N, pero cuentan con una concentración elevada de micro y macronutrientes (básicos para el crecimiento de microorganismos anaerobios) así como capacidad tampón (alcalinidad) fundamental para evitar procesos de acidificación. Sin embargo, estos residuos son una buena base para la codigestión porque generalmente presentan un contenido de agua más alto que la mayoría de los residuos industriales, una mayor capacidad tampón y aportan una amplia variedad de nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos anaerobios (Antonia Elena Campos Pozuelo, 2001).

Los residuos agrícolas leñosos tales como la paja de trigo o de arroz, suelen tener una alta relación C/N pero requieren un suministro de nitrógeno para una digestión eficiente. El alto contenido de celulosa de los pastos y residuos agrícolas hace que sean difíciles de digerir (Jesús Manuel Guzmán China, 2001).

Capítulo I: Marco teórico referencial

2015). Así pues, la mezcla de ambos tipos de residuos da lugar a procesos más estables y con un incremento considerable de la producción de biogás. Por ejemplo, la producción de 10-20 m³ biogás/t en una digestión anaerobia mono-sustrato con deyecciones ganaderas se podría duplicar incorporando un 20-30 % de residuos agrícolas.

En Cuba existe un enorme potencial de residuos sólidos biodegradables que está disponible para ser revalorado energéticamente y que actualmente no tienen ninguna utilidad.

Se pueden mencionar varios orígenes de este tipo de residuos, entre los que se encuentran residuos agrícolas, residuos de podas y residuos agroindustriales.

Según datos recopilados a partir de un estudio realizado en Cuba se tienen los siguientes potenciales de varios residuos sólidos (Tabla 1.1):

Tabla 1.1. Potencial disponible a partir de la generación de residuos sólidos en Cuba.

	Bagazo de caña	Serrín de madera	Cáscara de arroz	Residuos de café	Residuos forestales	Residuos de coco	Leña
Total, m ³	6 950 522	11 784,3	14 821,1	1 342,4	532 788,2	206,9	1 797,7
%	92,51	0,16	0,20	0,02	7,09	0,00	0,02

Inventario Nacional de Fuentes de Energía Renovable [2005]

Todos estos residuos deben ser estudiados con relación al potencial de generación de biogás que pudieran tener. Como puede observarse en la Tabla 1.1, el bagazo sigue teniendo el peso mayoritario en el potencial de este tipo de residuo, con 92,5 % de la biomasa disponible. Toda la biomasa que se menciona en dicha tabla puede considerarse como biodegradable (Ileana Pereda Reyes, 2014).

La codigestión permite integrar la valorización de los residuos orgánicos de una zona geográfica determinada. De este modo conseguimos obtener por un lado

Capítulo I: Marco teórico referencial

una fuente de energía de carácter renovable en forma de biogás, y por otro un subproducto resultante de la digestión denominado digestato con características de fertilizante orgánico y aplicable en agricultura bajo condiciones controladas. Se trata por tanto de un reciclaje integral que reduce el impacto ambiental de estos residuos (contaminación suelo, agua, olores, etc.). No obstante, hay que recordar que la digestión anaerobia no reduce significativamente la concentración de nitrógeno o de fósforo por lo que es fundamental realizar en todos los casos un balance de nutrientes antes de la aplicación del digestato al campo. En caso de haber zonas vulnerables es imprescindible acudir a técnicas de reducción o recuperación de estos nutrientes.

A nivel económico, el incremento en la producción de biogás se traduce en mayores ingresos por la venta de la electricidad y/o uso del calor producido. Además, la gestión de algunos residuos empleados como cosustratos puede generar también ingresos. Por otro lado, el hecho de integrar en una sola instalación el tratamiento de todos los residuos de una zona permite ahorrar costes de inversión y operación si lo comparamos con el tratamiento por separado de cada uno de los residuos gestionados.

1.3 Proceso de digestión anaerobia

La **digestión anaerobia** es un proceso biológico en el que la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, y mediante la acción de un grupo de bacterias específicas, se descompone en productos gaseosos o “biogás” (CH_4 , CO_2 , H_2 , H_2S , etc.), y en digestato, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación.

El proceso controlado de digestión anaerobia es uno de los más idóneos para la reducción de emisiones de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos y el mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados. Este tipo de proceso puede aplicarse a residuos ganaderos, agrícolas, así como a los residuos de las industrias de transformación de dichos productos. Entre los residuos se pueden citar purines, estiércol, residuos agrícolas o excedentes de cosechas, etc.

Capítulo I: Marco teórico referencial

La digestión anaerobia también es un proceso adecuado para el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica, como las producidas en muchas industrias alimentarias. Este proceso está caracterizado por la existencia de varias fases consecutivas diferenciadas en el proceso de degradación del sustrato (término genérico para designar, en general, el alimento de los microorganismos), interviniendo 5 grandes poblaciones de microorganismos. Estas poblaciones se caracterizan por estar compuestas por seres de diferentes velocidades de crecimiento y diferente sensibilidad a cada compuesto intermedio como inhibidor (por ejemplo, H_2 , ácido acético o amoníaco producido de la acidogénesis de aminoácidos). Esto implica que cada etapa presentará diferentes velocidades de reacción según la composición del sustrato y que el desarrollo estable del proceso global requerirá de un equilibrio que evite la acumulación de compuestos intermedios inhibidores o la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV), que podría producir una bajada del pH. Para la estabilidad del pH es importante el equilibrio CO_2 -bicarbonato. Para hacer posible algunas reacciones es necesaria la asociación sintrófica entre bacterias acetogénicas y metanogénicas, creando agregados de bacterias de estas diferentes poblaciones. Lo anterior implica que las puestas en marcha de los reactores sean, en general, lentas, requiriendo de tiempo, que pueden ser del orden de meses.

En general, la velocidad del proceso está limitada por la velocidad de la etapa más lenta, la cual depende de la composición de cada residuo. Para sustratos solubles, la fase limitante acostumbra a ser la metanogénesis, y para aumentar la velocidad la estrategia consiste en adoptar diseños que permitan una elevada concentración de microorganismos acetogénicos y metanogénicos en el reactor. Con esto se pueden conseguir sistemas con tiempo de proceso del orden de días. Para residuos en los que la materia orgánica esté en forma de partículas, la fase limitante es la hidrólisis, proceso enzimático cuya velocidad depende de la superficie de las partículas. Usualmente, esta limitación hace que los tiempos de proceso sean del orden de semanas, de dos a tres. Para aumentar la velocidad, una de las estrategias es el pretratamiento para disminuir el tamaño de partículas o ayudar a la solubilización (maceración,

Capítulo I: Marco teórico referencial

ultrasonidos, tratamiento térmico, alta presión, o combinación de altas presiones y temperaturas).

1.3.1 Factores que influyen en el proceso de digestión anaerobia

Los **parámetros ambientales** que hay que controlar hacen referencia a condiciones que deben mantenerse o asegurarse para el desarrollo del proceso. Estos son:

- **pH**, que debe mantenerse cercano a la neutralidad.
- **Alcalinidad**, para asegurar la capacidad tampón y evitar la acidificación. Es recomendable una alcalinidad superior a 1,5 g/l CaCO_3 .
- **Nutrientes**, con valores que aseguren el crecimiento de los microorganismos.
- **Tóxicos e inhibidores**, cuya concentración ha de ser la mínima posible.

Los **parámetros operacionales** hacen referencia a las condiciones de trabajo de los reactores:

- **Temperatura.** Podrá operarse en los rangos psicrófilico (temperatura ambiente), mesófilico (temperaturas en torno a los 35 °C) o termófilico (temperaturas en torno a los 55 °C). Las tasas de crecimiento y reacción aumentan conforme lo hace el rango de temperatura, pero también la sensibilidad a algunos inhibidores, como el amoníaco. En el rango termófilico se aseguran tasas superiores de destrucción de patógenos.
- **Agitación.** En función de la tipología de reactor debe transferirse al sistema el nivel de energía necesario para favorecer la transferencia de sustrato a cada población o agregados de bacterias, así como homogeneizar para mantener concentraciones medias bajas de inhibidores.

Capítulo I: Marco teórico referencial

- **Tiempo de retención.** Es el cociente entre el volumen y el caudal de tratamiento, es decir, el tiempo medio de permanencia del influente en el reactor, sometido a la acción de los microorganismos.
- **Velocidad de carga orgánica**, OLR en inglés. Es la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo. Valores bajos implican baja concentración en el influente y/o elevado tiempo de retención. El incremento en la OLR implica una reducción en la producción de gas por unidad de materia orgánica introducida, debiendo encontrar un valor óptimo técnico/económico para cada instalación y residuo a tratar.

1.4 Tecnologías de digestión anaerobia

Esta etapa es la más importante dentro del proceso pues es el momento en el que se produce el gas combustible, los bio-abonos y se reduce la carga contaminante del residuo, ella tiene por objeto descomponer materias orgánicas y/o inorgánicas en un digestor hermético, sin oxígeno molecular, prosiguiendo el proceso hasta que se produzca metano, dióxido de carbono y otros gases. El proceso es una suma de reacciones bioquímicas provocadas por el cultivo de una mezcla de bacterias. La descomposición se produce en tres fases, hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis. **(Díaz, M., 2006).**

Los gases producidos tienen un valor calórico de alrededor de $20 - 25 \text{ MJ/m}^3$ y una composición que varía de acuerdo al sustrato que se alimenta, donde el porcentaje de metano y sulfuro de hidrógeno oscila entre el 40 y el 70 % para el primero y hasta el 3 % para el segundo. **(Werner, J. 1989).**

Los digestores de geomembrana, es un biodigestor anaerobio tubular prefabricado, diseñado para el pequeño y mediano productor agropecuario. Sistema de geomembrana convierte los desechos del ganado en combustible rico en metano (biogás) y en bioabono (biol).

Las características de Sistema geomembrana son:

Capítulo I: Marco teórico referencial

Es un biodigestor anaerobio de flujo continuo, esto significa que los desechos orgánicos ingresan al sistema diariamente, pasando a través de un reactor, produciendo biogás y biofertilizante todos los días.

Los biodigestores Sistema geomembrana está disponible en 11 tamaños: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30 y 40 metros cúbicos de capacidad en su fase líquida. Cada tamaño tiene la capacidad de recibir una cantidad determinada de desechos diariamente. Para conocer el tamaño del biodigestor que necesitas, primero deberás considerar cuatro factores.

1) Cantidad de estiércol disponible todos los días. ¿Cuánto estiércol puedo juntar con facilidad todos los días?

A continuación instrucciones para determinar la cantidad de estiércol del que dispones todos los días:

1. Limpia muy bien la zona de recolección.
2. Junta en cubetas (19 L) o carretillas el desecho de 24 horas.
3. Repite los pasos “a” y “b” por tres días.
4. Suma las cubetas o carretillas de los tres días y calcula el promedio dividiendo el total de cubetas entre los tres días. El número que resulte es el que deberás considerar para determinar el tamaño de tu biodigestor.

2) Necesidad / demanda energética. ¿Cuánto gas necesito?

- ¿Cuánto pago por leña al mes?
- ¿Cuánto pago por gas GLP o gas butano al mes?
- ¿Cuánto pago de electricidad al mes?
- Un (1) metro cúbico de biogás equivale aproximadamente a: 0.50 kg de gas licuado de petróleo, 0.60 L de diesel, 0.75 L de gasolina, 2.2 kW/h de contenido energético, ó 2 Kg de leña con 10 % de humedad.

3) **Necesidad / demanda de biofertilizante. ¿Cuánto biol quiero?**

Depende de la relación excreta/agua, el contenido del agua en la mezcla nos da la cantidad de biol.

Capítulo I: Marco teórico referencial

Espacio cerca del punto donde se utilizará el biogás. ¿Con qué espacio cuento para la instalación del biodigestor? Recomendamos no instalar el biodigestor a más de 150 metros de distancia del sitio donde se utilizará el biogás; entre más distancia, la presión del gas disminuye.

4) Idéntica la temperatura media en tu región: Cálida (23+ °C), Templado (15 – 23 °C), Frío (10 – 15 °C).

1.5 Reactores de biogás

Los reactores se dividen en tres generaciones y son depósitos-tanques en los que se produce la digestión anaerobia aprovechando el recurso biomasa. Los elementos característicos de una planta de biogás son los sustratos, el digestor y la unidad de cogeneración. Los sustratos son la materia orgánica que hace falta introducir dentro del digestor para crear el ecosistema idóneo para el cultivo de las bacterias que realizarán la digestión y por tanto, que generarán el biogás. Estos sustratos pueden ser de origen y tipo de lo más variado, si bien los más usuales son: lodos de flotación, residuos de mataderos, herbáceos, entre otros. Para obtener una mayor producción de biogás se puede realizar una codigestión, consistente en mezclar estos sustratos, de manera que se favorezca la actividad de los microorganismos que degradan la materia orgánica. Una vez está dispuesta la mezcla dentro del digestor el proceso consiste en ir mezclando y aportando sustratos y nutrientes continuamente hasta optimizar la producción de biogás.

A grandes rasgos se pueden definir como recipientes o tanques que permiten la carga (afluente) de sustratos (biomasa) y descarga (efluente) de bioabono-biol y poseen un sistema de recolección y almacenamiento de biogás para su aprovechamiento energético.

Los biodigestores son apropiados para las condiciones técnicas y posibilidades económicas de los países desarrollados y subdesarrollados. La tecnología del biogás está bien adaptada a las exigencias ecológicas, ambientales y económicas del futuro.

Es una tecnología de avanzada y de mucha aceptación por tratarse del aprovechamiento de energías renovables. El biodigestor es una forma barata y

Capítulo I: Marco teórico referencial

fácil de obtención de energía que tiene gran potencial para ser desarrollada y utilizada ampliamente.

Un biodigestor o planta de biogás se compone de un tanque de homogenización o carga, una bomba (opcional), el tanque de biodigestión, un mezclador o agitador, tuberías de captación de biogás, el recipiente para almacenar biogás (puede estar integrado en el mismo biodigestor), tanque de descarga, tuberías y válvulas de seguridad, cierre y desagües, filtro de remoción de H_2S , quemadores de biogás, equipos para combustión (cocinas, incineradores, etc.) y generadores de energía eléctrica o calor.

1.5.1 Tipos de reactores y sus características

Existe una gran variedad de tipos de reactores que pueden ser agrupados teniendo en cuenta diversos criterios

La humanidad a partir de la cantidad de desechos agrícolas, porcinos, vacunos, etc, tuvo que adoptar medidas para eliminarlas de alguna forma, como por ejemplo la creación de diversos reactores de biogás, los cumplen las exigencias en cuanto a niveles de descontaminación a lograr y a la relación costo-inversión-beneficio, contando a lo largo de los años con diferentes experiencias hasta la actualidad, probándose así la factibilidad de estos reactores.

En la tabla siguiente mostramos los reactores y sus clasificaciones.

Anexo A: Tabla 1.2: Tipos de reactores y su clasificación.

Anexo B: Figura 1.1: Reactor de mezcla completa

Los diseños utilizados para digestión anaerobia pueden clasificarse en función de su capacidad para mantener altas concentraciones de microorganismos en el reactor, siguiendo diferentes métodos. El reactor más simple es el de **mezcla completa** (RMC, CSTR en inglés), y es el más utilizado para residuos.

Reactores de mezcla completa sin recirculación.

Consiste en un reactor en el que se mantiene una distribución uniforme de concentraciones, tanto de sustrato como de microorganismos (ver Figura 1.1). Esto se consigue mediante un sistema de agitación. Ésta puede ser mecánica

Capítulo I: Marco teórico referencial

(agitador de hélice o palas, de eje vertical u horizontal) o neumática (recirculación de biogás a presión), y nunca violenta. Esta tipología de reactor no ofrece problemas de diseño y es el más utilizado para residuos. Comparativamente a otros reactores, el tiempo de retención necesario es alto, debido a que la concentración de cualquier especie, que se mantiene en el reactor en régimen estacionario, es la misma que la que se pretende en el efluente. Si la velocidad de reacción depende de la concentración, como es el caso de los procesos biológicos, la velocidad será baja, y la forma de compensarla es aumentando el tiempo de reacción.

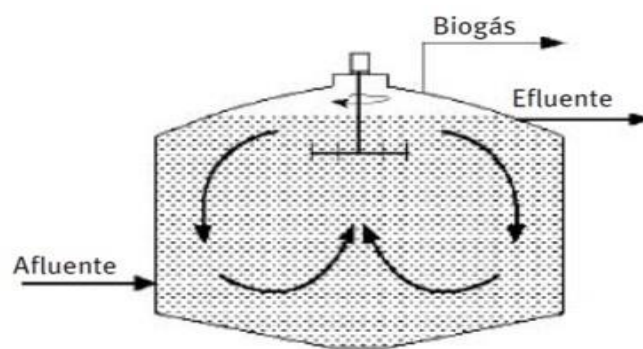


Figura 1.2: Reactor de mezcla completa (RMC) sin recirculación

Reactores de mezcla completa con recirculación.

Este sistema tiene el nombre de reactor anaerobio de contacto y sería equivalente al sistema de fangos activos aerobios para el tratamiento de aguas residuales (ver Figura 1.3).

Se comprueba que regulando la recirculación es posible conseguir tiempos de retención hidráulica más bajos que en un reactor simple de mezcla completa. Esto es a costa de aumentar el tiempo de retención de los microorganismos, gracias a su confinamiento en el sistema mediante la separación en el decantador y recirculación.

Debido a la necesaria separación de microorganismos en el decantador, este sistema sólo es aplicable a aguas residuales de alta carga orgánica (aguas residuales de azucareras, cerveceras, etc.), para las que sea posible una separación de fases líquido-sólido, con la fracción sólida consistente básicamente en flóculos biológicos. Antes del decantador se debe disponer de un sistema de desgasificación, sin el cual la decantación se puede ver impedida.

Capítulo I: Marco teórico referencial

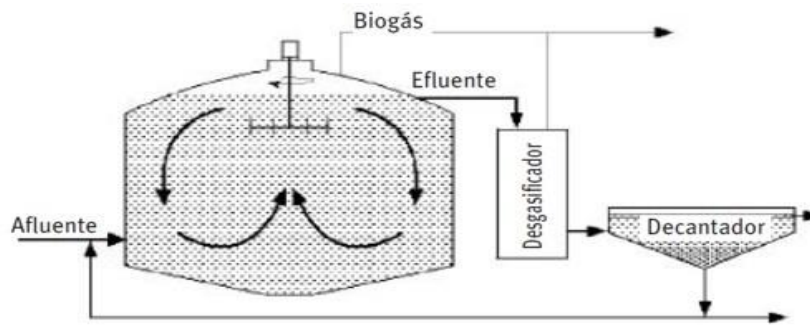


Figura 1.3: Reactor de mezcla completa (RMC) con recirculación

Reactores con retención de biomasa, sin recirculación.

Si se consigue retener bacterias en el interior del reactor, evitando la configuración de reactor de mezcla completa, es posible reducir el tiempo de retención por debajo del reactor RMC tomado como referencia. Los métodos de retención de biomasa son básicamente dos:

- a) Inmovilización sobre un soporte (filtros anaerobios y lechos fluidizados);
- b) agregación o floculación de biomasa y su retención por gravedad (reactores de lecho de lodos). Estos sistemas se esquematizan en la siguiente figura y se comentan a continuación.

Aunque los **reactores de flujo pistón** (ver Figura 1.4) no estarían encuadrados en este apartado, el hecho de que la tasa de crecimiento de microorganismos sea más elevada a la entrada del reactor, donde la concentración de sustrato también es más elevada, hace que la concentración media en el reactor sea superior a la correspondiente a mezcla completa, o en todo caso superior a la de salida, con lo cual el tiempo de retención será inferior. Este tipo de reactor ha sido aplicado a diferentes tipos de residuos orgánicos, como fracción orgánica de residuos municipales (configuración vertical y flujo ascendente), residuos de porcino y bovino, y una de las dificultades es la debida a la falta de homogenización en la sección transversal a la dirección del flujo, en las configuraciones horizontales, lo cual se puede evitar mediante un sistema de agitación transversal (reintroducción de biogás a presión en la base del digestor si el reactor es horizontal, por ejemplo).

Capítulo I: Marco teórico referencial

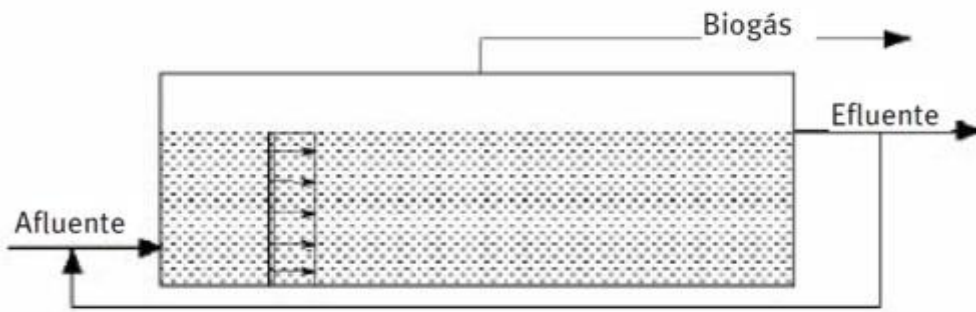
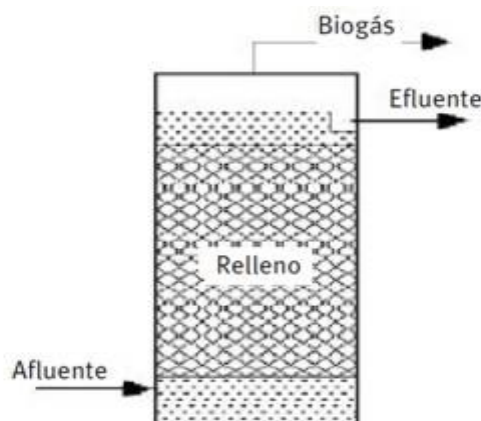


Figura 1.4: Digestor de flujo pistón

El filtro anaerobio. En este sistema las bacterias anaerobias están fijadas a la superficie de un soporte inerte —formando biopelículas—, columna de relleno, o atrapadas en los intersticios de éste, con flujo vertical. El soporte puede ser de material cerámico o plástico. Su distribución puede ser irregular (filtro anaerobio propiamente dicho, con flujo ascendente, Figura 1.5), y en este caso las bacterias se encuentran mayoritariamente atrapadas en los intersticios, o regular y orientado verticalmente, y en este caso la actividad es debida básicamente a las bacterias fijadas, recibiendo el nombre de lecho fijo con flujo descendente (Figura 9.a). En caso de utilizar un soporte orientado verticalmente con flujo ascendente y un sustrato lentamente degradable, con elevado tiempo de retención, la retención por sedimentación de los fragmentos de biopelícula desprendidos adquiere un efecto de importancia en la actividad del reactor.

Este sistema ha sido extensamente aplicado para el tratamiento de aguas residuales de industria agroalimentaria, y existen experiencias piloto para la fracción líquida de residuos ganaderos. El coste de inversión es un limitante importante para su implantación.



Capítulo I: Marco teórico referencial

Figura1. 5: Filtro anaerobio

El lecho fluidizado. En este sistema las bacterias se encuentran fijadas, formando una biopelícula, sobre pequeñas partículas de material inerte que se mantienen fluidizadas mediante el flujo ascendente adecuado del fluido. Para mantener el caudal adecuado, que permita la expansión y fluidización del lecho, se recurre a la recirculación (ver Figura 1.6). Igual que el filtro, puede ser aplicado a aguas residuales, especialmente de la industria agroalimentaria, y a fracciones líquidas o sobrenadante de residuos ganaderos, aunque las experiencias en este ámbito son muy limitadas.

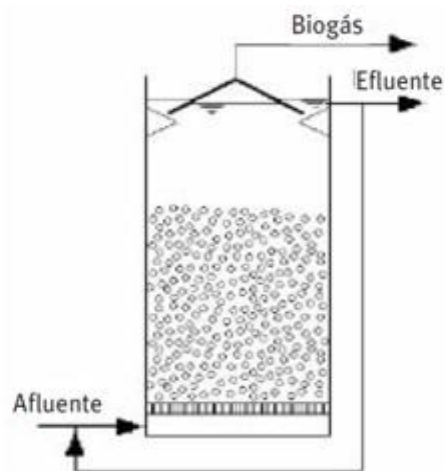


Figura 1.6: Lecho fluidizado

El reactor de lecho de lodo. En este sistema se favorece la floculación o agregación de bacterias entre ellas, formando gránulos o consorcios, de forma que por sedimentación se mantienen en el interior del reactor, con la velocidad ascendente adecuada del fluido, siempre que en la parte superior exista un buen separador sólido (biomasa)/líquido/gas. El diseño más común es el Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), (ver Figura 1.7), el cual está siendo extensamente aplicado al tratamiento de aguas residuales de la industria agroalimentaria. Es el diseño más simple de entre los sistemas con retención de biomasa y el único limitante para su aplicación es que la biomasa activa granule, esto es, que forma agregados de alta densidad. Para ello es determinante la composición del agua a tratar y mantener una operación adecuada.

Capítulo I: Marco teórico referencial

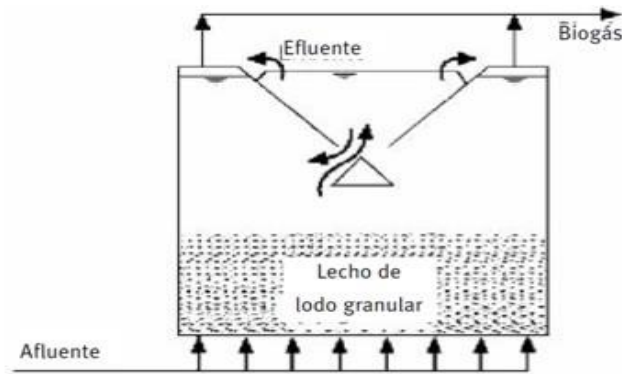


Figura 1.7: Reactor de lecho de lodo granular (UASB)

Sistemas discontinuos

En un sistema discontinuo, la curva de evolución temporal de la producción de biogás sigue la misma tendencia que la curva típica del crecimiento de microorganismos (latencia, crecimiento exponencial, estacionalidad y decrecimiento).

Aquí, el concepto de tiempo de retención no tiene sentido y se hablaría de tiempo de digestión.

Para conseguir una producción de biogás cercana a la continuidad deben combinarse varios reactores discontinuos con puestas en marcha intercaladas en el tiempo.

Estos reactores han sido aplicados a residuos con una alta concentración de sólidos que dificultan la adopción de sistemas de bombeo, tales como residuos de ganado vacuno con lecho de paja.

Otros sistemas

Los reactores anteriores pueden ser combinados para conseguir sistemas más eficientes, según el tipo de residuo a tratar.

Sistemas de dos etapas

Estos consisten en un primer reactor con elevado tiempo de retención, en el cual se favorece la hidrólisis, seguido de un reactor de bajo tiempo de retención que digiere la materia orgánica disuelta y los ácidos producidos en la primera etapa.

Si la primera etapa consiste en un reactor discontinuo, el líquido tratado en la segunda es el obtenido por percolación en la primera una vez recirculado el

Capítulo I: Marco teórico referencial

efluente de la segunda. Este sistema permite mantener fácilmente la temperatura en el reactor discontinuo, controlando la temperatura del efluente del segundo reactor.

Ha sido aplicado con éxito para tratar residuos sólidos cuya etapa limitante es la hidrólisis: frutas, verduras, residuos sólidos urbanos, de ganado vacuno, etc.

Sistemas de dos fases

A diferencia de los sistemas de dos etapas, la separación de fases se refiere a mantener dos reactores en serie, en los cuales se realizan, respectivamente, las fases de acidogénesis y metanogénesis, y su objetivo es conseguir un tiempo de retención global inferior al correspondiente a un único reactor de mezcla completa.

La separación es de tipo cinético, controlando el tiempo de retención de cada reactor, el cual será inferior en el primero, debido a las más altas tasas de crecimiento de las bacterias acidogénicas. Este tipo de sistema ha sido aplicado con éxito a la digestión de residuos con alta concentración de azúcares y bajo contenido en sólidos, pero no para residuos con fibras y, en general, sustratos complejos cuyo limitante es la hidrólisis.

Sistemas híbridos. En general serán sistemas que combinen los conceptos que sustentan los diferentes tipos de reactores descritos. Los dos sistemas anteriores podrían considerarse como tales. También se han realizado diseños de reactores con retención de biomasa híbridos, en los cuales la parte baja de éste se comporta como un UASB y la parte superior como un filtro.(**Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)** www.idae.es)

En la siguiente tabla se muestra una comparación entre tres tipos de digestores.

Anexo C: Tabla 1.3: comparación entre tres digestores

1.5.2 Reactores de geomembrana (tubular PVC).

Se ha brindado asesoría técnica a instituciones y personas naturales para la Instalación, operación y mantenimiento de biodigestores y sus gasómetros correspondientes, hechos de geomembrana de PVC. Entre sus principales

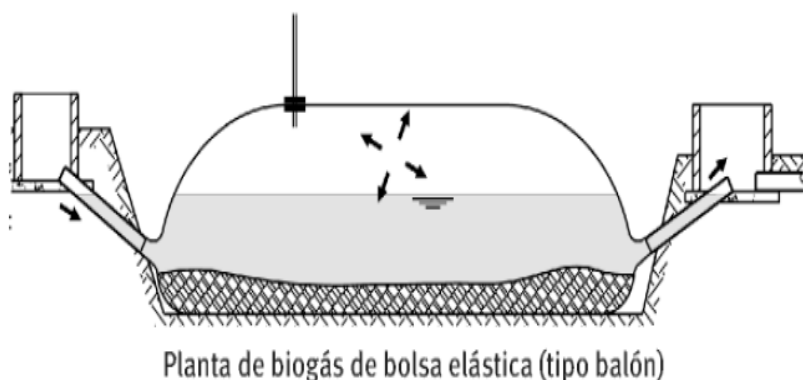
Capítulo I: Marco teórico referencial

bondades, este material es flexible por lo que es adecuado para zonas sísmicas, fácil de parchar si llega a picarse, su costo es módico y tiene una duración estimada de 8-10 años de vida útil, su mantenimiento se realiza una vez por año con un costo mínimo.

Son un medio de tratamiento de las excretas de animales y de otros tipos de desechos orgánicos utilizando un proceso de digestión anaeróbica. La degradación o descomposición se da por la acción de bacterias anaeróbicas (que actúan en un medio sin oxígeno). Las bacterias consumen el carbono y el nitrógeno y como resultado se produce una combinación de gases formado por metano, anhídrido carbónico y un poco de monóxido de carbono y anhídrido sulfuroso, entre otros.

Los alimentos de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos, amoníaco, etc.). El carbono se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares.

El plástico con el que están fabricados los biodigestores es de forma tubular, de calibre 8, protegido con filtro contra luz ultravioleta (LUV) de 1.25 m de diámetro. Dentro de este plástico se descompone o degrada estiércol de diferentes especies de animales o de otro tipo de desechos orgánicos como: de mataderos, heces humanas y desperdicios agrícolas entre otros. **(MSc: José V. Sánchez Rodríguez.)**



Anexo D: Figura 1.8: Digestor tipo Geomembrana.

Capítulo I: Marco teórico referencial

1.6 Evaluación de proyectos de inversión.

1.6.1 Los proyectos de inversión. Principales componentes.

En una evaluación de proyectos siempre se produce información para la toma de decisiones, por lo cual también se le puede considerar como una actividad orientada a mejorar la eficacia de los proyectos en relación con sus fines, además de promover mayor eficiencia en la asignación de recursos. En este sentido, cabe precisar que la evaluación no es un fin en sí misma, más bien es un medio para optimizar la gestión de los proyectos.

Todos los proyectos siguen su propio ciclo. Existen muchas versiones acerca de lo que es el "ciclo" de un proyecto, diferenciadas esencialmente por el manejo de la terminología y la cronología de algunas actividades. Lo que debe tenerse en cuenta es que la comprensión del ciclo de un proyecto es un aspecto fundamental para poder ubicar la evaluación dentro del conjunto de actividades a realizar. En el proceso inversionista se identifican elementos esenciales que lo caracterizan entre ellos:(Ocaña Torres, Yenebis, 2010)

- sujeto de la inversión: Es la persona que toma la decisión de invertir o no y que suministra los recursos líquidos necesarios. Algunos autores distinguen entre sujeto físico (aplicable a las decisiones de inversión del tipo doméstico, donde los beneficios se miden en términos de utilidad) y sujeto ideal o jurídico (donde los beneficios se miden en términos monetarios).
- Objeto de la inversión: Es el bien o conjunto de bienes en los que se materializa la inversión y suele ser de naturaleza diversa: activos tangibles o intangibles de larga duración y de corta duración y activos financieros.
- Costo de la inversión: Llamado también inversión inicial, es el desembolso en el que hay que incurrir para desarrollar el proceso de inversión. El costo puede o no coincidir con el precio total del activo objeto de inversión y puede o no presentar gastos de investigación, instalación, y puesta en marcha, prospección de mercado, recogida de información y formación del personal.
- Esperanza de recompensa futura: También conocido como beneficio futuro de la inversión, no es más que el rendimiento de la inversión y se mide en forma de flujos de efectivo. Esta recompensa está confirmada por la diferencia entre

Capítulo I: Marco teórico referencial

los flujos negativos y positivos que se producen como consecuencia de la explotación del objeto de la inversión.

- Corriente de pagos: Está formada por el conjunto de desembolsos líquidos a enfrentar a lo largo de la vida útil de la inversión. Dichos desembolsos pueden salir directamente de la corriente de cobros o en determinados casos tendrán que ser afrontados por medio de la tesorería externa, generando un tratamiento diferente a efectos del análisis.
- Corriente de cobros: Se refiere a los cobros futuros que el sujeto de la inversión espera obtener del proyecto de inversión y que le resarcirán de los costos.
- Tiempo: Es un componente de vital importancia en los procesos de inversión que se encuentra implícito dentro de los anteriores y constituye la base sobre la que tienen lugar los acontecimientos de los proyectos.

El enfoque aquí presentado se basa en tres aspectos principales: **(Ver anexo E)**

Cada etapa del ciclo tiene su razón de ser y, por lo tanto, no debería limitarse a hacer una repetición más detallada de las labores realizadas en etapas anteriores.

Es importante involucrar desde un principio del ciclo del proyecto, a los distintos actores interesados o involucrados en el mismo, para que colaboren conjuntamente en su diseño, evaluación y ejecución.

Se necesita una estructura flexible del ciclo que se adapte con facilidad a los diversos tipos de proyectos. El ciclo no debe percibirse como una camisa de fuerza lineal sino como una lógica de progresión de un proyecto.

En su forma general, el ciclo del proyecto comprende tres etapas, a saber:

- Pre-inversión
- Ejecución o Inversión
- Funcionamiento y Mantenimiento

Las etapas constituyen un orden cronológico de desarrollo del proyecto, en las cuales se avanza sobre la formulación, ejecución y evaluación del mismo. A continuación se hace una breve presentación de cada etapa.

Capítulo I: Marco teórico referencial

No existe consenso universal sobre la denominación sobre la denominación de estas diferentes etapas y sobre los límites de una con otra. Sin embargo, una discusión detallada de la terminología sería poco fructífera.

Por lo tanto esbozaremos una definición de las diferentes etapas y fases con sus objetivos

1.6.2 Las diferentes etapas y fases de un proyecto.

1º Nivel.- PRE – INVERSIÓN:

El nivel de pre inversión se construye por la formulación y evaluación ex – ante de un proyecto. Está comprendida entre el momento en que se tiene la idea del proyecto y la toma de decisión de iniciar la inversión.

Consiste en un juego interactivo de preparación y evaluación en el cual se diseña, evalúa, ajusta, rediseña, etc. Esta etapa tiene por objeto definir y optimizar los aspectos técnicos, financieros, institucionales y logísticos de su ejecución. Lo que con ellos se busca es especificar los planes de inversión y montaje del proyecto, incluyendo necesidades de insumos, estimativos de costos, identificación de posibles obstáculos, necesidad de entrenamiento y obras o servicios de apoyo.

Cabe volver a señalar que la preparación y evaluación se hace en forma interactiva, en un proceso de profundización progresiva de la información y de aumento en la certidumbre en lo que se refiere a la selección de alternativas y proyectos. Así, la etapa de pre-inversión se compone de cuatro fases, que dividen y delimitan los pasos sucesivos de preparación y evaluación. Las fases son:

- 1) Identificación.
- 2) Perfil.
- 3) Pre-Factibilidad.
- 4) Factibilidad.

En cada una de las fases de pre-inversión se llevan a cabo diferentes estudios de diagnóstico y de preparación del proyecto (socio-económico; técnico; de mercado; financiero; ambiental; legal; administrativo-institucional). Distintos proyectos requerirán de distintas profundizaciones en los diversos estudios.

Capítulo I: Marco teórico referencial

Diferentes fases de un solo proyecto también obligarán a los analistas a hacer énfasis en uno u otro estudio.

Los estudios efectuados en cada fase de la etapa de pre-inversión se convertirán en insumos de la misma preparación o formulación del proyecto así como de las evaluaciones realizadas en dicha fase. Los resultados de dichas evaluaciones mostrarán el camino más indicado para el desarrollo del ciclo, teniendo como alternativas:

- 1) Continuar hacia la siguiente fase (en la medida en que las evaluaciones indiquen que los beneficios netos esperados sugieren que vale la pena seguir invirtiendo en la etapa de pre-inversión);
- 2) Retroceder o detener dentro de la etapa de pre-inversión, con el fin de indagar sobre ciertos aspectos de la formulación y evaluación (en la medida en que se presente incertidumbre en cuanto a la posible justificación de continuar con la etapa de pre-inversión);
- 3) Suspender la etapa de pre-inversión y destacar el proyecto (en el caso en que se indiquen que no haya viabilidad para el proyecto y/o que los beneficios netos esperados no justifiquen invertir más en el diseño del proyecto). **(Ver anexo F y G)**

2º Nivel.- EJECUCIÓN O INVERSIÓN

El nivel de ejecución y seguimiento está compuesta por dos fases, a saber: diseños definitivos, montaje y operación. Está comprendida entre el momento en que se inicia la inversión y el momento en que se liquida o se deja de operar el proyecto.

Diseños Definitivos

Una vez aprobada la realización del proyecto, se procede a contratar los diseños definitivos. Debido a que su elaboración suele generar una serie de pequeños cambios en el diseño del proyecto, puede ser necesario actualizar los presupuestos. Sin embargo, es importante anotar que, de ser bien realizado el estudio de factibilidad, los cambios que se introduzcan en esta fase no deben ser significativos.

Capítulo I: Marco teórico referencial

Tan pronto se tengan los diseños definitivos y los presupuestos actualizados, se procede a preparar el informe de presupuesto. En caso de ser necesario, también se elaborará el informe de crédito, con el fin de solicitar a las entidades financiamientos acordes con los requerimientos de recursos.

Montaje y Operación

El proceso de ejecución del proyecto comprende la construcción o montaje, y la operación del mismo a través de todos los años de su “vida útil”, Convencionalmente se divide en dos sub-fases; la de montaje o construcción, y la de operación y mantenimiento. Esta división arbitraria no implica que durante la operación de un proyecto no se hagan inversiones o montajes para ampliación o reposición.

Durante las dos sub-fases del montaje y operación, la evaluación juega un papel significativo, pues permite realizar ajustes al diseño y ejecución del proyecto, de tal forma que facilite el cabal cumplimiento de las actividades programadas y el logro de los objetivos. Así la evaluación juega un papel “formativo”, tiene la capacidad de influir sustancialmente sobre la forma en que se ejecuta el proyecto. Esta evaluación se caracteriza por trabajar con información verificable en el momento y, por lo tanto, se asocia con una evaluación ex – post.

En conclusión podemos decir que por dos razones fundamentales podemos percibir las labores de monitoreo (seguimiento) y evaluación como esenciales: primero, entregan información necesaria para la toma de decisiones sobre la continuación o no del proyecto y la necesidad de replantear o ajustar lo que falta del mismo; segundo, sirven como mecanismos para mejorar los criterios de proyección en futuras evaluaciones. **(Ver anexo H)**

3º Nivel.- FUNCIONAMIENTO O MANTENIMIENTO

Esta denominación se utiliza para referirse, como su nombre lo indica, a la evaluación que es efectuada después de que un proyecto es ejecutado. Tiene como fin determinar hasta dónde el proyecto ha funcionado según lo programado y en qué medida ha cumplido sus objetivos.

La característica principal de la evaluación ex – post es que la incertidumbre es inexistente. Esta condición se puede ver afectada por la cantidad y calidad de la información recolectada, durante la ejecución del proyecto.

Capítulo I: Marco teórico referencial

La evaluación busca cuantificar el impacto efectivo, positivo o negativo, de un proyecto. Sirve para verificar la coincidencia de las labores ejecutadas con lo programado. Su objeto consiste en “explicar”. Al identificar los aspectos del proyecto que fallaron o no estuvieron a la altura de las expectativas, analiza las causas que crearon esta situación. También indaga sobre los aspectos exitosos, con el fin de poder reproducirlos en proyectos futuros. Además, constituye una herramienta para identificar proyectos futuros, ya sean reposición o de complemento.

La evaluación ex – post: nos agrega conocimiento y experiencias a los ya acumulados. Así, nos aporta información valiosa para entender e interpretar experiencias pasadas y para formular mejores proyectos futuros.

Existe cierto rechazo a la evaluación ex – post porque en algunos casos se ha utilizado como un ejercicio de identificación de “culpables” de un proyecto no exitoso. El buen uso de la evaluación ex – post reemplaza esta aplicación “acusatoria” con el ánimo de retroalimentar el diseño y la gestión de proyectos y para aportar criterios a las etapas de pre-inversión de proyectos futuros

Modelos de evaluación:

Los proyectos requieren en varias de sus fases o etapas ser evaluados; estas evaluaciones tienen, por su naturaleza, objetivos diferentes, y necesitan de metodologías distintas. Se debe considerar que una evaluación corresponde a una actividad por realizar en un período determinado, dentro de una fase del ciclo del proyecto que se pretende evaluar y parte del establecimiento con claridad, tanto del propósito y alcances como de las interrogantes que la diseccionan.

Existen cuatro niveles en donde la evaluación se hace necesaria:

- 1) En la formulación del proyecto, cuando se comparan varias opciones.
- 2) En el agente financiador, sea público o privado, con el objeto de decidir si es beneficioso o no aprobar los fondos necesarios para ejecutar el o los proyectos.
- 3) En la ejecución del proyecto, para verificar o corregir las actividades que se realizan en ese momento o en el futuro inmediato.

Capítulo I: Marco teórico referencial

- 4) En la etapa de funcionamiento u operación del proyecto, para comprobar si se están cumpliendo o no las previsiones realizadas durante las etapas anteriores.

1.6.3 Evaluación Ex Post.

En la evaluación Ex - post se debe considerar el manejo adecuado de los recursos del proyecto, el monitoreo o seguimiento del avance para realizar acortamientos de tiempo tomando como base el incremento de costos marginales a fin de cumplir en el tiempo previsto y evitar perder credibilidad, analizar los aspectos de la calidad para asegurar que esta no se pierda por defectos del proceso o mala calidad de los materiales, realizar reasignaciones de recursos y personal en términos de las dificultades encontradas en la aplicación de los presupuestos diseñados, reajustes de los ingresos y costos ante las fluctuaciones de los mercados, respuesta inmediata a los entornos adversos motivados por situaciones legales o políticas y el reajuste de los presupuestos cuando no se cumplen las metas propuestas para evitar el colapso o endeudamientos agresivos.

Esta evaluación se realiza con los siguientes propósitos: (Planeación., 2004)

- Conocer la eficacia del programa o proyecto, es decir, si las metas propuestas se realizaron en la cantidad y oportunidad con que fueron programadas. Con esta actividad además de conocer si el programa ha sido realizado con éxito, se verifica la capacidad de programación y previsión de la entidad ejecutora.
- Precisar el impacto en el nivel macroeconómico a donde apunte el programa o proyecto.
- Medir la calidad en el cumplimiento de objetivos.
- Evaluar si los grupos beneficiados eran los previstos y si el beneficio alcanzó la dimensión programada.
- Analizar el proceso de toma de decisiones con relación al programa o proyecto desde la identificación hasta el momento de la evaluación.

Capítulo I: Marco teórico referencial

- Conocer la capacidad institucional para identificar, llevar a cabo y hacer seguimiento de sus programas y proyectos.

La evaluación es pues una etapa propia (la evaluación ex-post o a posteriori) o una acción transversal a todas las etapas del ciclo del proyecto, que se nutre del análisis evaluativo de la etapa de preparación del proyecto así como del seguimiento del mismo. El proceso evaluativo aporta datos y juicios valorativos que de ella se derivan en distintos momentos del ciclo de intervención del proyecto.

Las principales funciones de la evaluación Ex - post son:

- *Apoyar los procesos de gestión.* La evaluación posterior recoge todos los documentos que se han recopilado en forma de seguimiento a las actividades como apoyo a la gestión del proyecto que se está ejecutando y recopila la información sobre la ejecución una vez que el proyecto ha concluido, lo que permite aportar recomendaciones y reorientar el proyecto, medir la eficiencia en el desarrollo del mismo así como obtener los costos y la eficiencia del uso de los recursos y detectar si es necesario mejorar y corregir el modo en que se realizan las actividades.
- Controlar. La función de control financiero y contable, así como de la realización de las acciones normalmente responde a las demandas de las agencias donantes que necesitan la justificación de lo invertido en el proyecto, o a los requerimientos de los gobiernos. A través de la evaluación de eficiencia económica y financiera se puede conocer el grado de rentabilidad de los capitales, bienes y servicios, una vez concluido el proyecto. (Comité De Ayuda Al Desarrollo (CAD), 1995)
- Aprender. Entender la evaluación como herramienta de aprendizaje permite mejorar la gestión de proyectos futuros mediante las enseñanzas obtenidas. La realidad empírica de la gestión de proyectos es la que pone de manifiesto que las evaluaciones de proyectos de desarrollo específicos y de políticas de intervención más generales han contribuido a determinar los errores cometidos permitiendo aprender de los mismos y tomar decisiones oportunas que orienten su implementación adecuada.

Capítulo I: Marco teórico referencial

Ejecutores de la evaluación ex- post.

Los tipos de evaluación enmarca tres modalidades de evaluación: externa, interna, mixta y participativa,

- 1) *Evaluación externa*: Se realiza por personal técnico o evaluador experto procedente de otro medio (universidades, consultorías, organizaciones de investigación y otras) o que no esté involucrado en la implementación y ejecución del proyecto. Al no tener vínculo directo con el proyecto, este agente no se subordina a ninguna organización local (Patton, M., 1997) lo que le permite aportar una visión objetiva y crítica del desarrollo del proyecto y puede servir tanto a la organización que ejecuta el proyecto, como a las autoridades políticas u organismos donantes para fundamentar la toma de decisiones.
- 2) *La evaluación interna o autoevaluación*: Es realizada por agentes internos que pertenecen a la organización local o a las que estén encargadas del proyecto con la finalidad de conocer los problemas o avances en sus actividades e introducir los ajustes necesarios. Es realizada por personas del propio programa que dominan sus objetivos, problemas, fortalezas y debilidades porque lo ejecutan directamente. Algunos muestran diferencia entre evaluación interna y autoevaluación, planteando que la evaluación interna se realiza por una persona de la organización responsable pero no vinculada directamente con el proyecto mientras que la autoevaluación se realiza por los responsables de la ejecución que evalúan de manera regular como parte del seguimiento de las actividades. (Rubin, F., 1997; Estrella, M. y Gaventa, J., 1998)
- 3) *La evaluación mixta*: Es realizada por agentes externos e internos y en su diseño y aplicación participan tanto el personal responsable del proyecto como agentes externos, en la que los agentes internos se encargan de los aspectos locales y de la organización del proyecto y los externos de mediciones más estandarizadas y objetivas. Estos agentes funcionan como facilitadores-formadores de la viabilidad del proceso de monitoreo y evaluación. Es una modalidad más integradora

Capítulo I: Marco teórico referencial

y participativa que aprovecha las ventajas del trabajo conjunto.

El balance de estas tres modalidades permite diferenciarlas en torno a cinco puntos:

- *Lo objetivo frente a lo subjetivo:* Se considera que lo externo es más objetivo y lo interno más subjetivo, por lo que la opción de combinar desde diferentes puntos de vista el análisis de la realidad suele proporcionar mayores garantías.
- *El papel de la población beneficiaria:* Cuanto más participativo es el grupo evaluativo, mayor posibilidad de éxito. Si no se tiene en cuenta a los grupos beneficiarios en el proceso, éstos asumen un rol de meros portadores de información.
- *La metodología utilizada:* En los proyectos en que el evaluador es externo su rol es meramente proveedor de información para la población beneficiaria, pero cuando ésta forma parte integrante del equipo evaluador, entonces participa de los distintos pasos y acciones que el proceso evaluativo requiere tales como decidir cuándo y cómo evaluar, seleccionar los métodos a utilizar, recoger y analizar los hechos ocurridos y la información, preparar informes, decidir como usar los resultados y aplicar las recomendaciones en la práctica (Feurerstein, M.T, 1986).
- *Los costos.* A medida que se avanza en la escala de participación el costo es mayor, bien en sentido económico o temporal, pero pueden minimizarse si se realiza el proceso de manera eficiente.
- *La veracidad, fiabilidad y validez de lo observado:* En el caso de la veracidad, los agentes evaluadores externos están más limitados en la veracidad de la información, pues son expertos contratados por la organización donante que generan ansiedad en los beneficiarios. En cuanto a la fiabilidad, el agente externo es el que conoce mejor los métodos y técnicas de obtención de información y por ello maximiza las posibilidades de objetividad de la información. El parámetro de la validez entre los investigadores sociales, es considerado como instrumento de verificación de que los resultados son válidos por sí

Capítulo I: Marco teórico referencial

mismos para lo que se pretendía evaluar y de orientación de los resultados a los cambios futuros.

Evaluación Ex-post en los principales modelos de gestión de la cooperación internacional

La economía ha desarrollado y aplicado su propia evaluación social para programas y proyectos sociales. De forma paralela, la cooperación internacional ha desarrollado específicamente el Enfoque del Marco Lógico o Método de Planificación Orientada por Objetivos, modelos evaluativos que, aunque proceden de modelos de diagnóstico y planificación, han interiorizado los elementos de la tradición evaluativa. Las tres corrientes actuales de modelos evaluativos son el modelo de Análisis Costo Beneficio y Costo Efectividad proveniente de la economía; el modelo del Marco Lógico y los modelos participativos o de autogestión.

Modelos de la Economía

En el marco de la evaluación cuantitativa en el campo de la economía, existen varios modelos para lo que se conoce como evaluación socioeconómica de proyectos, la que se entiende como aquel conjunto de herramientas que posee el economista para poder analizar proyectos y políticas con el propósito de destinar los recursos de tal manera que provea de mayores beneficios para la población nacional.

Algunos de los modelos de evaluación de la rentabilidad económica de los programas han tratado de aplicarse al ámbito de proyectos sociales y de desarrollo, tal es el caso del Análisis Costo-Beneficio (ACB) y el Análisis Costo-Eficacia (ACE).

Para comparar los costos y los beneficios de un proyecto se consideran todos los ingresos y egresos del mismo, el valor relativo del dinero en el tiempo y la tasa de interés equivalente cuando se comparan magnitudes monetarias en momentos distintos. Las formas de cálculo más utilizadas son el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación costo-beneficio.

Los objetivos propuestos en la evaluación Ex - antes y en el proyecto en sí mismo en la evaluación Ex-post. El análisis ACE puede proveer información sobre los

Capítulo I: Marco teórico referencial

menores costos para alcanzar un objetivo y los datos sobre costos y precios para lograr diferentes objetivos. El ACE Ex-post tiene una secuencia lógica cuyas etapas fundamentales son las siguientes: (Musto, S., 1975)

- Identificar con precisión los objetivos del proyecto.
- Traducir los objetivos en dimensiones operacionales e indicadores.
- Especificar las alternativas que serán evaluadas.
- Medir los recursos afectados en términos monetarios.
- Medir el grado de logro de los objetivos.
- Comparar la alternativa de menor costo (entre las que alcanzan el objetivo) y la realizada.

Conclusiones parciales:

1. Con el aumento de residuos que ocasionan graves problemas ambientales, estudios han demostrado que los residuos orgánicos pueden ser degradados por acción biológicas el hombre se ha dado cuenta que se les puede dar distintos usos y así minimizar su impacto negativo en el medio ambiente.
2. Con el análisis de las diversas literaturas se identificó que en el mundo existen varios tipos de digestores, los cuales tienen distintas calificaciones según su modo de operación y el uso que se le dará.
3. Los proyectos de inversión pueden generar impactos positivos en los beneficiarios, pero se requiere que en varias de sus fases o etapas sean evaluados, teniendo en cuenta las características del cualquier caso de estudio, con el fin de comprobar lo antes dicho y retroalimentar futuros proyectos.

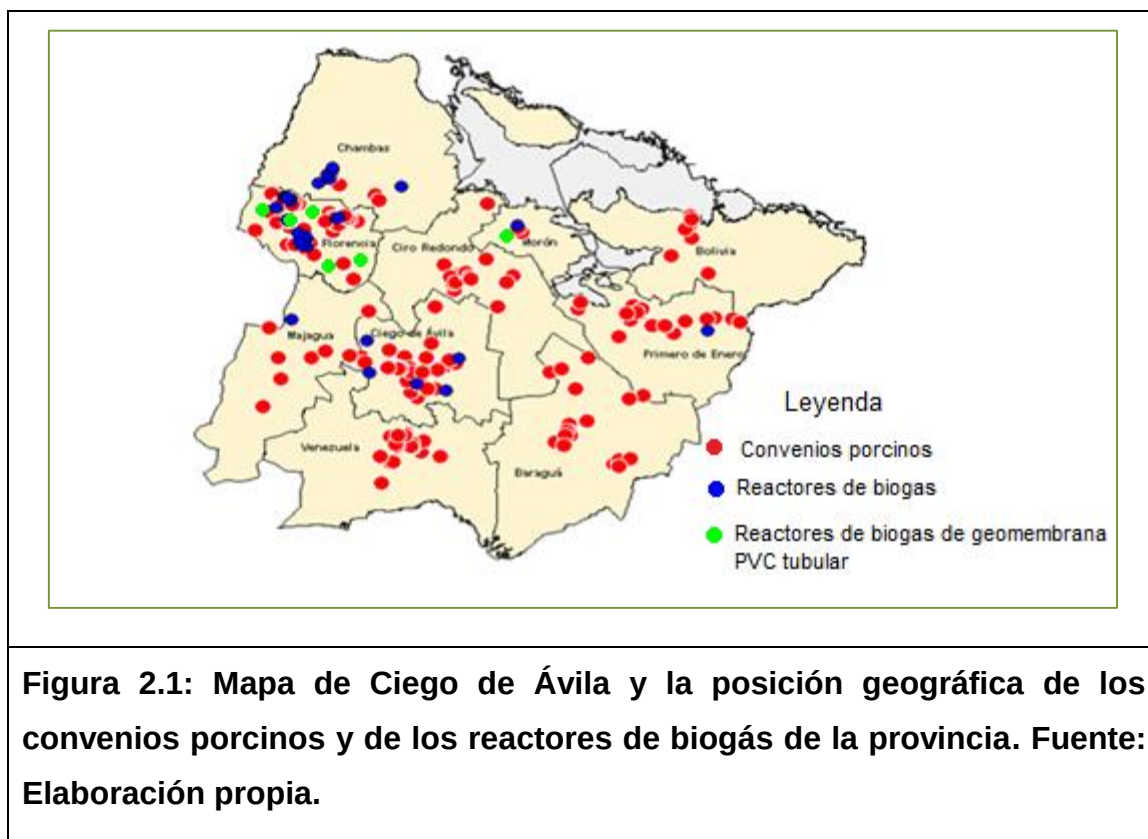
Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC).

2.1 Diagnostico de los digestores en los municipios de Morón y Florencia.

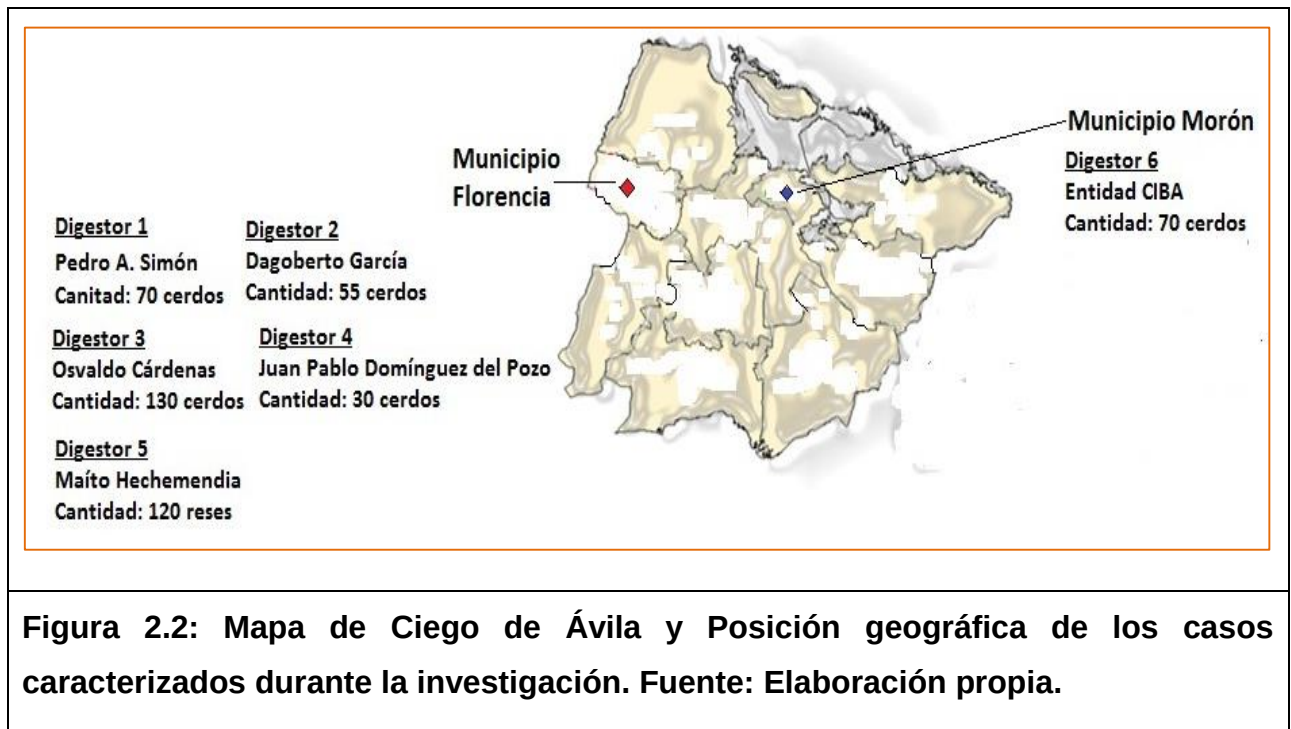
En la provincia de Ciego de Ávila se encuentran ubicados una serie de digestores de geomembrana de (PVC tubular) y de otros tipos de reactores, repartidos a los pequeños agricultores que se dedican a la cría intensiva de cerdos o la ganadera a fin de mitigar la contaminación al medio ambiente que provoca la actividad productiva que desarrollan, así como también para contribuir al ahorro de energía eléctrica.

En el siguiente mapa de la provincia de Ciego de Ávila se muestra la distribución geográfica de los convenios porcinos, los reactores de biogás, y en especial, los reactores de geomembrana PVC tubular, que existen en el territorio.



Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

De todos los digestores instalados en la provincia fueron escogidos cinco del municipio de Florencia y uno del municipio de Morón de tipo Geomembrana de (PVC tubular) para la investigación, (ver figura 2.2)



A continuación mostramos las principales características de cada uno:

Digestor 1



Imagen 2.1: Digestor caso de estudio uno

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Este digestor se encuentra ubicado en el municipio de Florencia perteneciente al pequeño agricultor Pedro A. Simón el cual tiene un finca donde tiene una cría de 70 cerdos como total, además tiene sembrados de maíz, arroz, malanga entre otros cultivos que contribuyen un incremento de economía y facilitan la alimentación de los animales. En este caso se vierte el lodo a un platanar que está cerca de las cochiqueras y utiliza el biogás para cocinar notando que tiene un ahorro por el consumo de energía eléctrica cada mes.

Digestor 2: Caso estudio. CCS Delfín Luis Paz.



Imagen 2.2: Digestor caso de estudio dos

Este digestor se encuentra ubicado en el municipio de Florencia perteneciente al pequeño agricultor Dagoberto García, el mismo tiene un finca donde tiene una cría de 40 cerdos entre cerdos reproductoras y cochinitos, además tiene sembrados de maíz, calabaza ,yuca entre otros cultivos que contribuyen un incremento de economía y facilitan la alimentación de los animales. No aprovecha el lodo que sale del digestor pudiéndose utilizar como abono para los cultivos y los vierte a una pequeña laguna; utiliza el biogás para cocinar notando que tiene un ahorro por el consumo de energía eléctrica cada mes.

Digestor 3

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)



Imagen 2.3: Digestor caso de estudio tres

Este digestor se encuentra ubicado en el municipio de Florencia perteneciente al pequeño agricultor Osvaldo Cárdenas (tiene dos), el mismo tiene un finca donde tiene una cría de 130 cerdos entre cerdos reproductoras, cochinitos, cerdos cementsales además tiene sembrados de plátanos de diversas variedades como plátano macho, burro, de fruta, calabaza, yuca entre otros cultivos que contribuyen un incremento de economía y facilitan la alimentación de los animales. Se aprovecha el lodo que sale del digestor como abono para los cultivos aumentando el rendimiento de la producción y reportándole un ahorro por compra de abonos para los suelos, además utiliza el biogás utiliza el biogás para cocinar notando que tiene un ahorro por el consumo de energía eléctrica cada mes.

Digestor 4

Este digestor se encuentra ubicado en el municipio de Florencia perteneciente al pequeño agricultor Juan pablo Domínguez del Pozo, el mismo tiene un finca donde tiene una cría de 30 cerdos entre, cochinitos, cerdos cementsales además tiene sembrados de plátanos de diversas variedades, calabaza, yuca, maíz entre otros cultivos que contribuyen un incremento de economía y facilitan la alimentación de los animales. No se aprovecha el lodo que sale del digestor como abono para los cultivos y utiliza el biogás para cocinar notando que tiene un ahorro por el consumo de energía eléctrica cada mes.

Digestor 5

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Este digester se encuentra ubicado en el municipio de Florencia perteneciente al pequeño agricultor Maíto Hechemendía, dueño de una finca donde existen aproximadamente 120 reses entre, vacas, terneros, toros, además tiene sembrados de plátanos, calabaza, yuca, maíz entre otros cultivos que contribuyen un incremento de economía y facilitan la alimentación de los animales. No aprovecha el lodo que sale del digester como abono para los cultivos, restándole un beneficio económico al uso de esta tecnología, y utiliza el biogás para cocinar notando que tiene un ahorro por el consumo de energía eléctrica cada mes.

Digestor 6



Imagen 2.4: Digestor caso de estudio seis

Este digester se encuentra ubicado en el municipio de Morón perteneciente a la entidad CIBA, cuyo director se llama Levis A. Valdés Gonzáles, y se utiliza en beneficio de la propia entidad. El biogás es empleado para la cocción de alimentos en el comedor del centro y también en el laboratorio para la realización de diversos análisis como parte de los servicios brindados a los pequeños agricultores, se cuenta en la entidad con un total de 70 cerdos, además de una planta de tratamiento del lodo a fin de utilizarlo como abono en una pequeña parcela de tierra dentro del centro.

Entre los principales cultivos de los productores caracterizados se destacan la calabaza, el maíz y el plátano, teniendo una menor incidencia la producción de arroz y de malanga, como puede apreciarse en la figura 2.3

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

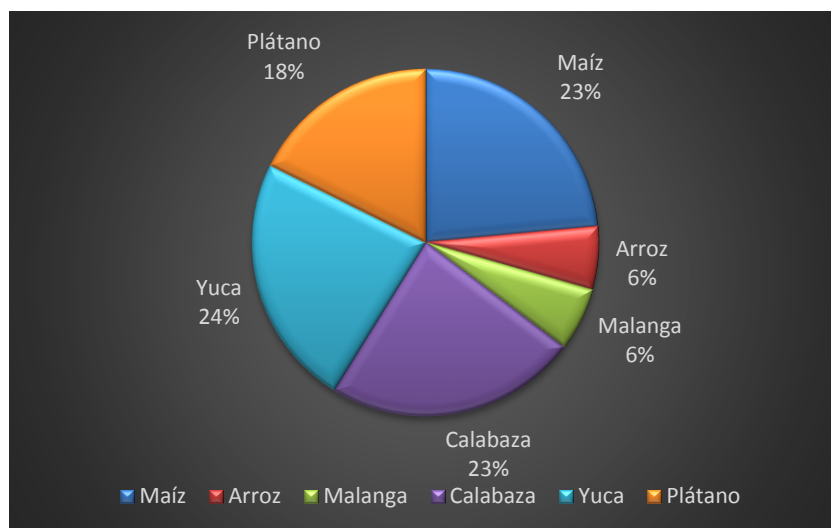


Figura 2.3: Composición de los cultivos. Fuente: Elaboración propia

El nivel de aprovechamiento de las bondades a la salida de la planta (Lodo y Biol) como abono entre todos los productores caracterizados se muestra en la siguiente figura 2.4.

NIVEL DE APROVECHAMIENTO DEL LODO Y EL EFLUENTE LÍQUIDO



Figura 2.4: Nivel de aprovechamiento del fertilizante orgánicos obtenido de la planta. Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que tanto el lodo como el efluente líquido que no es utilizado por los productores para el abono de sus cultivos, tampoco son comercializados por estos a ninguna institución sino que son desaprovechados completamente,

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

pudiendo repercutir en un ahorro para el país por la sustitución de abonos importados.

Análisis de laboratorio de los digestores de geomembrana de la provincia de Ciego de Ávila caracterizados en la investigación:

Digestor 1

Interpretación de los resultados analíticos, (ver imagen 2.5)

El ph tanto a la entrada como a la salida estaba en los parámetros óptimos. El residual líquido a la salida del reactor tiene alto contenido de coliformes fecales y coliformes totales, por lo que se concluye que no está apto para el uso como fertirriego en la agricultura. El DQO nos indica como resultado que hay un 63% de degradación de la materia, lo que demuestra que no hay una buena eficiencia en el reactor.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)



Centro de Investigación en Bioalimentos.
Laboratorio de Ensayos.
Informe Final de Resultados.

Procedencia: CIBA.
Fecha de realización del muestro: 21 de enero de 2015.
Cantidad de muestras: 2.
Tipo de muestra: Residual.
Fecha de Entrega de los resultados: 5 de febrero de 2015.

Tabla 1. Determinaciones realizadas.

Determinación	Método de ensayo utilizado.	Norma
DQO	Método volumétrico con Dicromato de Potasio.	AFHA.
pH	Método Potenciométrico	AFHA.
Fósforo Total	Método Espectrofotométrico.	APHA
Sólidos Flotantes	Determinación en Cono de Imhof	APHA
Sólidos Sedimentables.	Determinación en Cono de Imhof.	APHA
Nitrógeno Total	Método Kjeldahl	APHA, 1995
Coliformes fecales y totales		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 20 th Edition. NC 93-01-128. Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales.

Tabla 2. Resultados analíticos.

Determinación	Entrada	Salida
DQO. (mg/l)	1126	420
pH	6.52	7.62
Fósforo Total. (mg/l)	36.20	30.10
Sólidos Flotantes (ml/l)	50	1
Sólidos Sedimentables (ml/l)	200	25
Nitrógeno Total. (mg/l)	257.6	179.2
Coliformes fecales	1.1×10^{16}	1.0×10^{13}
Coliformes totales	6.3×10^{15}	1.3×10^{15}

El resultado final de las determinaciones está avalado por un Sistema de Control Interno de la Calidad. Los equipos de medición y la cristalería cuentan con certificación metrológica.
Realizado por: Esp. Odlanier Blanco Jorge, Téc Hilda Sánchez López, y Téc Sachet Morales Pedraza.
Revisado por: Esp. Odlanier Blanco Jorge

Aprobado por: _____



Imagen No.2.5: Análisis de laboratorio, Digestor 1

Digestor 2

Interpretación de los resultados analíticos

El ph a la entrada está en los parámetros óptimos, sin embargo a la salida se muestra ligeramente ácido, debiendo estar en valores neutros o ligeramente básico. El residual líquido a la salida del reactor tiene alto contenido de coliformes fecales y coliformes totales, por lo que se concluye que no está apto

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

para el uso como fertirriego en la agricultura. El DQO nos indica como resultado que hay un 83% de degradación de la materia, lo que demuestra una buena eficiencia en el reactor.



Centro de Investigación en Bioalimentos.
Laboratorio de Ensayos.
Informe Final de Resultados.

Procedencia: CIBA.
Fecha de realización del muestreo: 26 de febrero de 2015.
Cantidad de muestras: 2.
Tipo de muestra: Residual.
Fecha de Entrega de los resultados: 4 de marzo de 2015.

Tabla 1. Determinaciones realizadas.

Determinación	Método de ensayo utilizado.	Norma
DQO	Método volumétrico con Dicromato de Potasio.	APHA.
pH	Método Potenciométrico	APHA.
Fósforo Total	Método Espectrofotométrico.	APHA
Sólidos Flotantes	Determinación en Cono de Imhof	APHA
Sólidos Sedimentables.	Determinación en Cono de Imhof.	APHA
Nitrógeno Total	Método Kjeldahl	APHA, 1995
Coliformes fecales y totales		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 20 th Edition. NC 93-01-128. Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales.

Tabla 2. Resultados analíticos.

Determinación	Entrada	Salida
DQO.(mg/l)	1974.00	329.60
pH	6.47	6.87
Fósforo Total.(mg/l)	102.54	71.03
Sólidos Flotantes (ml/l)	10	5
Sólidos Sedimentables (ml/l)	800	20
Nitrógeno Total.(mg/l)	456.02	61.6
Coliformes fecales	1.2×10^{17}	3.0×10^{13}
Coliformes totales	1.7×10^{17}	1.4×10^{15}

El resultado final de las determinaciones está avalado por un Sistema de Control Interno de la Calidad.
 Los equipos de medición y la cristalería cuentan con certificación metrológica.
 Realizado por: Esp. Odlanier Blanco Jorge, Téc Hilda Sánchez López, y Téc Sachet Morales Pedraza.
 Revisado por: Esp. Odlanier Blanco Jorge.

Aprobado por: _____

Imagen No.2.6: Análisis de laboratorio, Digestor 2

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Digestor 3

Interpretación de los resultados analíticos

El ph tanto a la entrada como a la salida está fuera de los parámetros óptimos, esto provoca la inhibición del proceso. El residual líquido a la salida del reactor tiene alto contenido de coliformes fecales y coliformes totales, por lo que se concluye que no está apto para el uso como fertirriego en la agricultura. El DQO nos indica como resultado que hay un 64% de degradación de la materia, lo que demuestra que no existe una buena eficiencia en el reactor.

CIBA
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN BIOALIMENTOS

**Centro de Investigación en Bioalimentos.
Laboratorio de Ensayos.
Informe Final de Resultados.**

Procedencia: Floresncia
Fecha de realización del muestro: 15 de abril de 2015.
Cantidad de muestras: 4.
Tipo de muestra: Residual.
Fecha de Entrega de los resultados: 20 de abril de 2015.

Tabla 1. Determinaciones realizadas.

Determinación	Método de ensayo utilizado.	Norma
DQO	Método volumétrico con Dicromato de Potasio.	APHA.
pH	Método Potenciométrico	APHA.
Sólidos Flotantes	Determinación en Cono de Imhof	APHA
Sólidos Sedimentables.	Determinación en Cono de Imhof.	APHA
Coliformes fecales y totales		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 20 th Edition. NC 93-01-128. Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales.

Tabla 2. Resultados analíticos.

Determinación	Vacuno Entrada	Vacuno Salida
DQO.(mg/l)	1100.	400
pH	8.84	8.32
Sólidos Flotantes (ml/l)	800	0.5
Sólidos Sedimentables (ml/l)	80	4.0
Coliformes fecales	2.2×10^{21}	1.0×10^{15}
Coliformes totales	6.3×10^{21}	1.3×10^{18}

El resultado final de las determinaciones está avalado por un Sistema de Control Interno de la Calidad. Los equipos de medición y la cristalería cuentan con certificación metrológica.
Realizado por: Téc. Hilda Sánchez López, Téc. Sachet Morales Pedraza y Téc. Ramona Almira Ramos
Revisado por:

Aprobado por: _____

CIBA
MINISTERIO DE CIENCIAS
DIRECCIÓN
CIEGO DE ÁVILA
TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Imagen No.2.7: Análisis de laboratorio, Digestor 3

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Digestor 4

Interpretación de los resultados analíticos

El pH tanto a la entrada como a la salida está fuera de los parámetros óptimos, esto provoca la inhibición del proceso. El residual líquido a la salida del reactor tiene alto contenido de coliformes fecales y coliformes totales, por lo que se concluye que no está apto para el uso como fertirriego en la agricultura. El DQO nos indica como resultado que hay un 69% de degradación de la materia, lo que demuestra que no existe una buena eficiencia en el reactor.



Centro de Investigación en Bioalimentos.
Laboratorio de Ensayos.
Informe Final de Resultados.

Procedencia: Florencia
Fecha de realización del muestreo: 15 de abril de 2015.
Cantidad de muestras: 4.
Tipo de muestra: Residual.
Fecha de Entrega de los resultados: 20 de abril de 2015.

Tabla 1. Determinaciones realizadas.

Determinación	Método de ensayo utilizado.	Norma
DQO	Método volumétrico con Dicromato de Potasio.	APHA.
pH	Método Potenciométrico	APHA.
Sólidos Flotantes	Determinación en Cono de Imhof	APHA
Sólidos Sedimentables.	Determinación en Cono de Imhof.	APHA
Coliformes fecales y totales		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 20 th Edition. NC 93-01-128. Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales.

Tabla 2. Resultados analíticos.

Determinación	Porcino Entrada	Porcino Salida
DQO.(mg/l)	640	200
pH	8.94	8.15
Sólidos Flotantes (ml/l)	5	0
Sólidos Sedimentables (ml/l)	300	2
Coliformes fecales	1.1×10^{16}	1.0×10^{10}
Coliformes totales	6.3×10^{16}	1.3×10^{12}

El resultado final de las determinaciones está avalado por un Sistema de Control Interno de la Calidad. Los equipos de medición y la cristalería cuentan con certificación metrológica.
Realizado por: Téc Hilda Sánchez López, Téc Sachet Morales Pedraza y Téc. Ramona Almira Ramos
Revisado por:

Aprobado por: 



Imagen No.2.8: Análisis de laboratorio, Digestor 4

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

2.2 Metodología para obtener producción de biogás y proporción de metano.

Teórico.

Datos teóricos:

Carga total digestor 10 m³

Temperatura = 25 °C

Relación solido – liquido = 1:3

Tiempo retención Teórico = 40 días

Índice diario excreta = 2,25 kg / d según la Tabla 2.2

Tabla 2.2: Algunas posibles fuentes de biogás. Fuente: Guzmán Chinaa

Fuente.	Excreta húmeda diaria (kg) por animal.	m ³ de biogás por día.	Proporción excreta /agua.	Tiempo de retención aconsejable.
Vaca.	10	0,360	1:1	40 días
Toro.	15	0,540	1:1	40 días
Cerdo (50kg)	2,25	0,101	1:1–3	40 días
Pollo.	0,18	0,008	1:3–8	30 días
Caballo.	10	0,300	1:1–3	40 días
Carnero.	2	0,100	1:1–3	40días
Ternero.	5	0,200	1:1	40 días
Persona adulta.	0,40	0,025	1:1	60 días

Volumen total de biodigestor

El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 75 % del volumen total a la fase líquida, y del 25 % restante a la fase gaseosa.

El volumen total es la suma del volumen gaseoso y el volumen líquido.

$$VT = VG + VL \quad \text{Ec.2.1.}$$

Y por tanto el volumen líquido es tres cuartas partes del total:

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

$$V_L = V_T \times 0.75 \quad \text{Ec.2.2.}$$

El volumen gaseoso es una cuarta parte del total:

$$V_G = V_T \times 0.25 \quad \text{Ec.2.3.}$$

Y el volumen gaseoso será igual a una tercera parte del volumen líquido:

$$V_G = V_L \div 3 \quad \text{Ec.2.4.}$$

Volumen líquido

Para que la carga diaria de entrada pueda ser digerida por las bacterias, es necesario que esté en el interior del biodigestor tanto tiempo como el tiempo de retención estimado (según la temperatura del lugar). Ya que el biodigestor tubular es de flujo continuo, el volumen líquido será el resultado de multiplicar el tiempo de retención por la carga diaria. De esta manera, si imaginamos el biodigestor vacío inicialmente y comenzamos a cargarlo de forma diaria, tardará tantos días como tiempo de retención se hayan considerado en llenarse. Y así, “tiempo de retención +1 día”, al cargar el biodigestor, se desbordará expulsando la carga del primer día ya digerida.

El volumen líquido de un biodigestor será el resultado de multiplicar la mezcla diaria de carga por el tiempo de retención

Volumen gaseoso

Dentro del biodigestor, por estar en una situación anaerobia (en ausencia de oxígeno) se va a producir biogás, y éste se acumulará en la parte superior. Al ser el biodigestor de polietileno tubular se formará una campana de biogás que sirve para almacenar gas y darle forma al biodigestor.

El volumen gaseoso equivale a un tercio del volumen líquido

Producción Teórica de gas para un digestor de 10 m^3 es $2,5 \text{ m}^3$

Los materiales para la fermentación son abundantes en tipos, sus principales componentes normalmente son: carbono hidratado, proteína y lípido. Por esta razón, la fórmula aplicada para el cálculo del rendimiento teórico es la siguiente:

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

$$E = 0.37 A + 0.49 B + 1.04 C$$

Ec.2.5.

Donde:

E = rendimiento teórico de metano producido de un gramo del material de descomposición.

A = cantidad de carbono hidratado que contiene un gramo del material de fermentación (g)

B = cantidad de proteína que contiene un gramo del material de fermentación (g)

C = cantidad de lípido que contiene un gramo del material de descomposición (g)

Tabla 2.3: Componentes químicos de materiales y rendimiento teórico del gas. Fuente:

Rendimiento	Componentes (gramos secos)			Rendimiento (litro/gramo)	
Material	Carbono hidratado	Proteína	Lípido	CH ₄	CO ₂
Jacintos acuáticos	0,6073	0,1167	0,0386	0,3220	0,2958
Algas aligátoras	0,5963	0,0972	0,0271	0,3964	0,2780
Tallos de maíz	0,6263	0,0633	0,0463	0,3109	0,2794
Pajas de trigo	0,6369	0,0298	0,0234	0,2756	0,2597
Pajas de arroz	0,6026	0,0316	0,0321	0,2718	0,2500
Estiércol humano	0,4157	0,1753	0,0814	0,3244	0,2690
Estiércol de puerco	0,4204	0,1148	0,0603	0,2745	0,2335
Estiércol aviar	0,4703	0,0882	0,0455	0,2645	0,2332
Estiércol de perros	0,4536	0,0946	0,0283	0,2436	0,2244
Estiércol de ganados	0,2704	0,1046	0,0528	0,2062	0,1703

$$RT_{B(PC)} = RT \text{ ot}_{\text{metano}} + RT \text{ ot}_{\text{dioxido de carbono}}$$

Ec.2.6.

Donde:

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

$RT_{B(PC)}$: Rendimiento teórico del biogás para el purín de cerdo

$RT\ ot_{metano}$: Rendimiento Total de metano

$RT\ ot_{dioxido\ de\ carbono}$: Rendimiento Total de CO₂

$$\%CH = \frac{RTot\ (metano)}{RTB\ (PC)} \times 100 \quad Ec.2.7.$$

Donde:

$\%CH_4$:% metano en la composición

$RT_{B(PC)}$: Rendimiento teórico del biogás para el purín de cerdo

$RT\ ot_{metano}$: Rendimiento Total de metano

$$CTD_{metano} = CT\ ot \times C_{metano}\ \% \quad Ec.2.8.$$

Donde:

CTD_{metano} : Contenido Metano teórico digestor

$CT\ ot$: Carga total

$C_{metano}\ \%$: Contenido metano %

Real.

Datos reales:

Digestor geomembrana tubular PVC 10 m³

Cantidad de cerdos: 40

Temperatura promedio ambiental: 28 °C

Relación solido – liquido = 1:3

Tiempo de retención = 21 día

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Hay que tener en cuenta que en los biodigestores de bolsa plástica se produce un efecto invernadero aumentando la temperatura interior favoreciendo la fermentación.

Tabla 2.4. Variación de temperatura en invernadero. Fuente: Guzmán Chinaea 2015.

Temperatura exterior °C	Temperatura interior °C	Diferencia °C
0	2	2
5	8	3
10	16	6
15	24	9
20	32	12
25	40	15
30	48	18

La mayor cantidad de gas (80 %) se obtiene en los primeros 20 días de digestión como término medio.

Para temperatura ambiente promedio de 28 °C equivale a 45 °C en el interior del digestor, por el efecto invernadero que produce, acelerando el proceso de la digestión anaerobia, disminuyendo el tiempo de retención.

Tabla 2.5: Tiempo de retención según temperatura. Fuente: Guzmán Chinaea

Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
30	20
28	21
25	24
20	30
10	60

$$Cd = Cant_{cerdos} \times Id_{excreta}$$

Ec.2.9.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Donde:

C_d : Carga diaria

$Cant_{cerdos}$: Cantidad cerdos

$I_{d_{excreta}}$: Índice diario excreta

La mezcla del estiércol de 1:3 con agua para la carga diaria, de forma que la mezcla de carga diaria sería:

$$M_{cd} = M_{seca} + M_{agua} \quad \text{Ec.2.10.}$$

Donde:

M_{cd} : Mezcla carga diaria

M_{seca} : Masa Seca

M_{agua} : Masa agua

$$VL = M_{cd} \times TR \quad \text{Ec.2.11.}$$

Donde:

VL : Volumen del Líquido

M_{cd} : Mezcla Carga diaria

TR : Tiempo Retención

Volumen Gas.

$$VG = VL/3 \quad \text{Ec.2.12.}$$

Finalmente el volumen total será por tanto, la suma de VL y Vg, como se plantea en la Ec.1.

$$DQO_D = DQO_I - DQO_F \quad \text{Ec.2.13.}$$

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Donde:

DQO_D : Demanda Química de Oxígeno Degradado

DQO_I : Demanda Química de Oxígeno Inicial

DQO_F : Demanda Química de Oxígeno Final

$$\%DQO = DQO_D / DQO_I \quad \text{Ec.2.14.}$$

Donde:

$\%DQO$: % de la Demanda Química de Oxígeno

DQO_D : Demanda Química de Oxígeno Degradado

DQO_I : Demanda Química de Oxígeno Inicial

$$P_{\text{metano}} = PT_{\text{biogás}} \times \%DQO \quad \text{Ec.2.15.}$$

Donde:

P_{metano} : Producción de metano

$PT_{\text{biogás}}$: Producción Total biogás

$\%DQO$: % de la Demanda Química de Oxígeno

Las tablas siguientes (2.6 y 2.7) muestran los análisis químicos efectuados a las muestras de la entrada y la salida del biodigestor en caso de estudio.

Tabla 2.6: Resultados. Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

pH (u), T°C U=±0,16%	CE25 °C □S/cm U=±0.12%
7.0	2690
7.22	-

Tabla 2.7: Resultados. Fuente: Elaboración Propia.

DQO mg/L U=±6.47%	DBO5 mg/L U=±17.3%	ST mg/L	STF mg/L	STV mg/L
1 124,8	3 107	21 134	1 648	19 486
260	72	1 400	270	1 130

2.3 Análisis críticos de la metodología de evaluación de proyectos.

Son muchas las metodologías y los autores que se han dedicado a la evaluación de proyectos, pero, todos ellos han concordado igualmente en utilizar los aspectos contenidos en un plan de negocios, donde se muestran los escenarios más probables con todas sus variables a fin de facilitar un análisis integral y una presentación a otras partes involucradas en el proyecto (como son: inversionistas, socios, bancos, proveedores, clientes). En el mismo se recorren todos los aspectos de un proyecto, que incluyen: resumen ejecutivo, introducción, análisis e investigación de mercado, análisis y estudio de la competencia, estrategia, factores críticos de éxito, plan de marketing, recursos humanos, tecnología de producción, recursos e inversiones, factibilidad técnica, factibilidad económica, factibilidad financiera, análisis de sensibilidad, dirección y gerencia, conclusiones y anexos.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

El proceso puede realizarse antes, durante y después de concluida la inversión, por ello puede organizarse en dos grupos, como son: evaluación ex antes y ex post,

En la estructura empresarial actual del territorio existen entidades encargadas de realizar los estudios de factibilidad para los proyectos de inversión, entre las que podemos relacionar: la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA) y el Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ), Consultores

Asociados S.A (CONAS), la Agencia Internacional, Ajuste de Averías y Otros Servicios Conexos (INTERMAR), el Grupo Empresarial de Diseño e Ingeniería de la Construcción (EDIN) y las oficinas DIPROYEND, este último promueve la creación de una amplia red de alianzas estratégicas a nivel local, nacional e internacional, a través de la cooperación en torno al desarrollo local.

Estas organizaciones se rigen por un procedimiento que presenta un conjunto de pasos comunes que sigue la estructura de un plan de negocios y que son normados por el Ministerio de Economía y Planificación según resolución 91/2006, (Ver Anexos S y T) así como para las Iniciativas Municipales de Desarrollo Local (IMDL) que centra el PDHL y el Gobierno provincial.

El mismo está conformado por los siguientes puntos:

- 1) Introducción. Antecedentes. Localización del Proyecto.
- 2) Objetivos.
- 3) Estudio de Mercado.
- 4) Estudio técnico. En este epígrafe se relaciona la Ingeniería del proyecto y donde deben reflejarse al mayor detalle posible el listado del equipamiento, cantidad, valor unitario (precio), valor total. Todos en ambas monedas.
- 5) Evaluación Económico-Financiera. En este epígrafe se reflejan los componentes de la Inversión: Equipos, Construcción y Montaje, Capital Fijo, Capital de Trabajo, Costo de Producción Total, Depreciación, Gastos Financieros, y Fuente de Financiamientos, Estados Financieros fundamentales, Flujos de Caja y Análisis Costo–Beneficio.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

- 6) Análisis de Riesgos. Se tienen en cuenta fundamentalmente variables económicas con variaciones anuales de un 15%.
- 7) Conclusiones.
- 8) Recomendaciones.

El procedimiento vigente en el país tiene ciertas deficiencias concentradas en inconsistencia del documento de formulación de proyectos, pues por lo general

parte de bases pocos sólidas y supuestos optimistas, se omiten requerimientos fundamentales, tales como: microlocalización, valoraciones ambientales, obras inducidas, capital de trabajo y costos de transportación, esenciales en los estudios de factibilidad, débil o inexistente análisis de los estudios de mercado, enfoque limitado de la demanda y ausencia de proyección de la misma para la vida útil económica de los proyectos de inversión, determinación inadecuada de la vida útil del proyecto en estudio, pues la misma debe condicionarse a la vida útil económica del Activo Fijo Tangible de mayor peso dentro de la inversión o por las características propias del proceso en estudio, no se considera o se subestima la competencia, valoración insuficiente del aseguramiento de las materias primas a importar, cuantificación inadecuada del efecto sustitución de importaciones, elaboración mecánica de la evaluación económica y financiera y subestimación del análisis financiero, tendencia al análisis de los proyectos exclusivamente en divisas y por último la realización limitada del análisis del riesgo sólo teniendo en cuenta variables económicas (Ingresos y Gastos) que son modificadas en un 15% arbitrariamente, sin basamento científico-económico que justifique esta variación y sin incluir además en el análisis variables ecológicas y sociales de incidencia relevante en los proyectos de inversión.

Se debe incorporar como nuevo al factor económico, el "medio ambiente", entendido éste no sólo como límite a respetar, sino como punto de partida que debe permitir promover iniciativas y actividades productivas respetuosas con el ecosistema; pero que a su vez, cumpla con el firme objetivo de satisfacer el amplio campo de las nuevas demandas sociales ligadas a la calidad ambiental.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

El Capítulo XIII de la referente resolución, titulado fase de desactivación de la inversión e inicio de la explotación se aborda en la sección II la evaluación técnica económica final y análisis de post inversión, que contiene los artículos del 203 al 209, los cuales explican los objetivos, sujeto que lo elabora y participantes y aspectos a contemplar, sin embargo no explica cómo hacerlo, además del no ejercicio de esta práctica en nuestras organizaciones y la publicación de los resultados para garantizar el aprendizaje.

Es indispensable destacar el monitoreo sistemático de las intervenciones para poder realizar una medición adecuada de la gestión del proceso inversionista y poder dar cumplimiento a los objetivos de esta fase.

2.4 Procedimientos a emplear. (Sosa-Mata 2010)

El ciclo de un proyecto de inversión no termina cuando el proyecto ha sido ejecutado, sino que se impone el seguimiento y monitoreo del mismo, y como una etapa adicional que a su vez es la etapa final del ciclo, la de operación y mantenimiento. Esta etapa tiene lugar una vez que el proyecto ha terminado la etapa de inversión y se conoce en la literatura especializada como evaluación *ex post*, ambas etapas (ejecución y operación) tienen como objetivo conocer los impactos y resultados frente a los programados, generar conclusiones y correcciones para programas o proyectos nuevos.

El análisis de las diferentes metodologías para realizar la evaluación *Ex post* nos ha orientado a la selección de la propuesta de procedimiento Mata (2010), el mismo se basa en la observación del proceso de ejecución física de los proyectos y de los costos en cada una de las etapas del ciclo de vida, así como en la revisión minuciosa de la información presentada en la evaluación *Ex ante*, *de forma especial*, en los módulos que permiten definir las alternativas de solución y que constituyen centros de asignación de recursos, especialmente, en el módulo de programación, que sustenta las bases para el seguimiento presupuestal, financiero y físico del proyecto. Se puede identificar como inconveniente o limitante para cumplir con el objetivo, la falta de información en la etapa de pre -inversión y de la evaluación *Ex antes*.

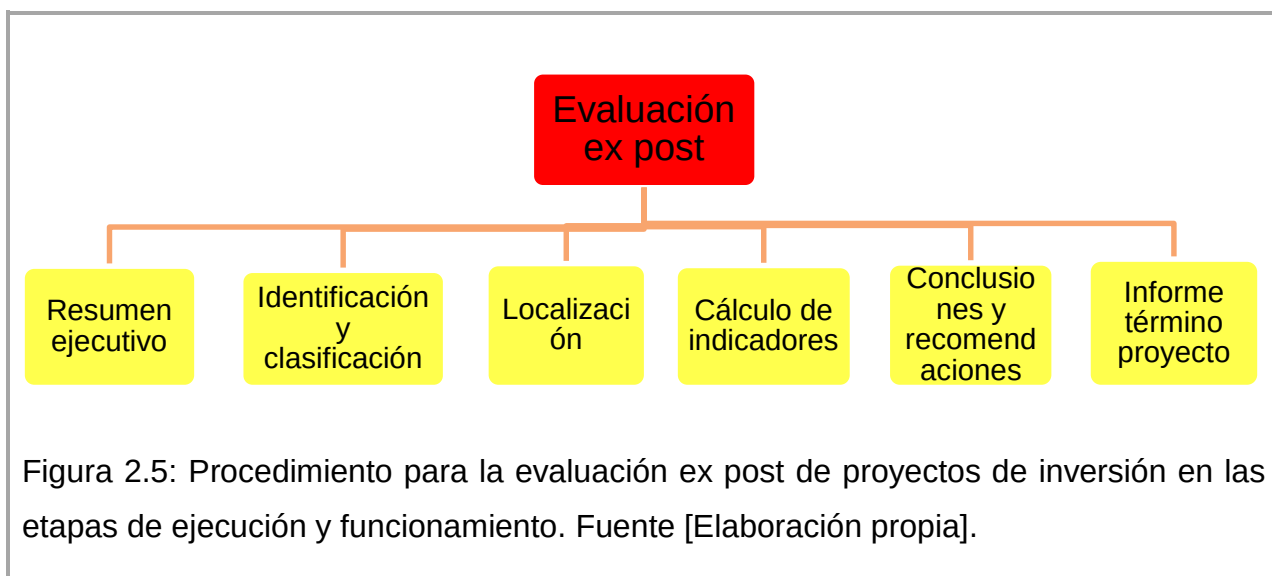
Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

El diseño del procedimiento metodológico para la evaluación *Ex post* de un proyecto de inversión en la etapa de ejecución comprende el análisis del ciclo de vida de un proyecto mediante la verificación de algunos de los siguientes pasos: el problema o necesidad identificada, el proyecto como solución al problema (pertinencia), objetivos del proyecto (porcentaje de cumplimiento de objetivos), dimensionamiento del proyecto (adecuado, sobre o sub dimensionado), localización (análisis ex-antes y ex-post adecuada y cumplida), aspectos técnicos (análisis ex-antes y ex-post cumplimiento de especificaciones), aspectos ambientales (análisis ex-antes y ex-post balance ambiental ex-post), aspectos institucionales (capacidad para la ejecución y para la operación ex-antes y ex-post), costo de inversión (índice de costos, indicador diseñado para ello), tarifas o precios (fijación, viabilidad, actualización y cumplimiento), esfuerzos de financiación adicionales, desembolsos (grado de cumplimiento según cronograma y análisis de factores), ejecución (índice de cumplimiento temporal), sostenibilidad (análisis integral sobre condiciones de continuidad y expansión) y participación comunitaria (análisis transversal).

Antes de diligenciar el procedimiento propuesto, se requiere contar con la información base, particularmente la evaluación *Ex-antes* del proyecto así como los informes de seguimientos realizados, registros y estados de contratación, información sobre productos y resultados, recolección de información por visitas a terreno, entrevista con los diferentes actores sociales relacionados con el proyecto donde se necesita el diálogo informal y desprevenido, procesamiento, estimación y análisis de indicadores de evaluación *Ex-antes* y *Ex-post*, entre otros.

Los pasos planteados muestra en la figura 2.5.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)



El procedimiento aplicado comprende el análisis del ciclo de vida del proyecto mediante la verificación de algunos de los siguientes pasos: resumen ejecutivo, identificación y clasificación del proyecto, localización, indicadores de resultados, conclusiones y recomendaciones y la elaboración del informe de evaluación ex post en la etapa de ejecución o de resultado.

Para el análisis de las desviaciones de los Indicadores de rentabilidad (ver tabla 2.8) tanto periódica como general se utilizó el método de vida común o cadena de remplazo para lograr una homogenización entre la información financiera planificada y la real.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

Tabla 2.8: Principales Indicadores de resultado. Fuente [Elaboración propia].

Indicador	Explicación	Fórmula de cálculo
Indicador de Costo. (IC)	Permite determinar la diferencia porcentual entre la financiación total solicitada al inicio del proyecto y los desembolsos realizados durante la ejecución del mismo	$IC = \left[\frac{\text{Real}}{\text{Previsto}} \right] - 1$
Cumplimiento Temporal (ICT)	Se trata de establecer la diferencia porcentual entre el plazo proyectado inicialmente para la ejecución del proyecto y el tiempo que finalmente se empleó.	$ICT = \left[\frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo estimado}} \right] - 1$
Eficiencia (IE)	Resulta la comparación porcentual entre el valor actual neto antes (VAN ex antes) y el valor actual neto después (VAN ex post) de la ejecución del proyecto	$IE = \left[\frac{\text{VAN expost}}{\text{VAN exantes}} \right] - 1$
Cobertura (ICob)	Permiten comparar el número de personas beneficiadas establecidas ex antes (año 0) y el número de personas beneficiadas realmente ex post (año n), durante toda la vida del	$ICob = \sum_{i=0}^n \frac{\text{Beneficiarios año } i}{\text{Beneficiarios año 0}}$

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

proyecto.	
Déficit (ID)	Compara el porcentaje de personas o servicios que carecen del servicio (déficit), con el número de beneficiarios cubierto realmente por el proyecto. En otras palabras, el indicador muestra el aporte que hizo el proyecto para reducir el déficit $ID = \frac{\text{Déficit}}{\text{Número total de beneficiarios con}}$
Sostenibilidad	Implica los recursos financieros y recurso humano necesario para la debida operación del mismo hasta el agotamiento de su vida útil.
Pertinencia	Se determinará la pertinencia o contribución del proyecto a la solución de los problemas, mediante un análisis del problema planteado en la formulación del proyecto y si los resultados operativos obtenidos fueron útiles

Las conclusiones y recomendaciones deben mostrar el cumplimiento de la evaluación en forma objetiva y concreta. Además, la evaluación *Ex-post* en general sirve como un sistema de retroalimentación de información para la ejecución de proyectos futuros, es por esta razón que es necesario emitir recomendaciones y observaciones acerca de la forma de ejecución del proyecto, y los resultados del mismo. Es de suma importancia indicar en este punto los resultados tanto positivos o esperados como los negativos o no esperados.

Capítulo II. Caracterización de los digestores de Geomembrana (tubulares PVC)

El Informe de Evaluación *Ex post* en la etapa de ejecución o de resultado es un documento consta de los siguientes apartados: resumen ejecutivo, introducción, objetivos, resultados del informe técnico del proyecto, análisis de la ejecución, sostenibilidad y pertinencia del proyecto, conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones parciales:

1. En la caracterización del caso de estudio se evidenciaron distintos aspectos que afectan la zona en que se desarrolla la investigación, las mismas son las siguientes: primero, las emisiones de metano a la atmósfera debido al no tratamiento de los residuales por la inexistencia de una infraestructura que posibilite el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía; y segundo, el gran consumo de energía eléctrica para la cocción de los alimentos en el hogar.
2. La evaluación Ex-post en general sirve como un sistema de retroalimentación de información para la ejecución de proyectos futuros, y para la toma de decisiones, por esta razón es necesario emitir recomendaciones y observaciones acerca de la forma de ejecución del proyecto, y de los resultados del mismo.

Capítulo III. Análisis de los resultados

Capítulo III. Análisis de los resultados.

3.1 Caracterización de la CCS Delfín Luis Paz.

La CCS Delfín Luis Paz se encuentra situada en el poblado de Tamarindo Municipio Florencia, perteneciente a la Provincia de Ciego de Ávila.

La principal vía de acceso es un camino que se deriva de la Carretera del Municipio Ciro Redondo hacia el Municipio de Florencia, limita por el norte con el municipio de Chambas, por el sur con el Municipio de Majagua, por el este con la provincia de Sancti Spíritus y por el oeste por el municipio de Ciro Redondo, posee una extensión de 720 hectáreas.

La misma cumple con su plan de producción económico, además es rentable, cubre todos sus gastos con los ingresos. Actualmente consta con una cantidad de 410 pequeños productores asociados, de los cuales 60 son mujeres y 350 son hombres, de ellos 15 son militantes del partido; su junta directiva está constituida por 12 miembros (5 profesionales y 7 no profesionales o campesinos); la mayoría de los campesinos presentan un nivel de escolaridad medio, debido a que solo tienen entre un 6^{to} y 9^{no} grado.

Los **objetivos fundamentales** de nuestra CCS en caso de desastres naturales son:

- Proteger almacenes de alimentos y otras instalaciones que existen en la zona, además plantas de bombeo de agua, ganado mayor, porcino y producciones agrícolas que puedan ser recogidas y trasladadas a lugares que sean protegidos y seguros.

Objeto social

La Unidad tiene como objeto social: La producción de cultivos varios, entrega de leche al combinado lácteo Ciego de Ávila, así como la cría de animales de ganado mayor y porcino en su mayoría; con la finalidad de garantizar al estado de estos bienes alimenticios.

Capítulo III. Análisis de los resultados

Misión y Visión

MISIÓN:

Preservar y mejorar la economía del país a partir de la facilitación de sus producciones agrícolas y satisfacer las necesidades productivas al cárnico de Ciego de Ávila con sus crías de animales.

VISIÓN:

Los incrementos en los rendimientos agrícolas y en las producciones, derivados de una forma medioambientalmente sostenible, así como la eficacia, medios agrícolas y una política de ahorro integral, permiten una reducción de los costos y un aumento de la calidad. El crecimiento de la producción de alimentos alcanzará los niveles suficientes para el autoabastecimiento territorial con una alta eficiencia y calidad en las producciones. La eficiente gestión de los recursos humanos logra una mayor identificación del hombre con su trabajo y fortalece las relaciones entre todos los miembros de la CCS, con un fortalecimiento en la atención al hombre y a su entorno.

Estructura organizativa

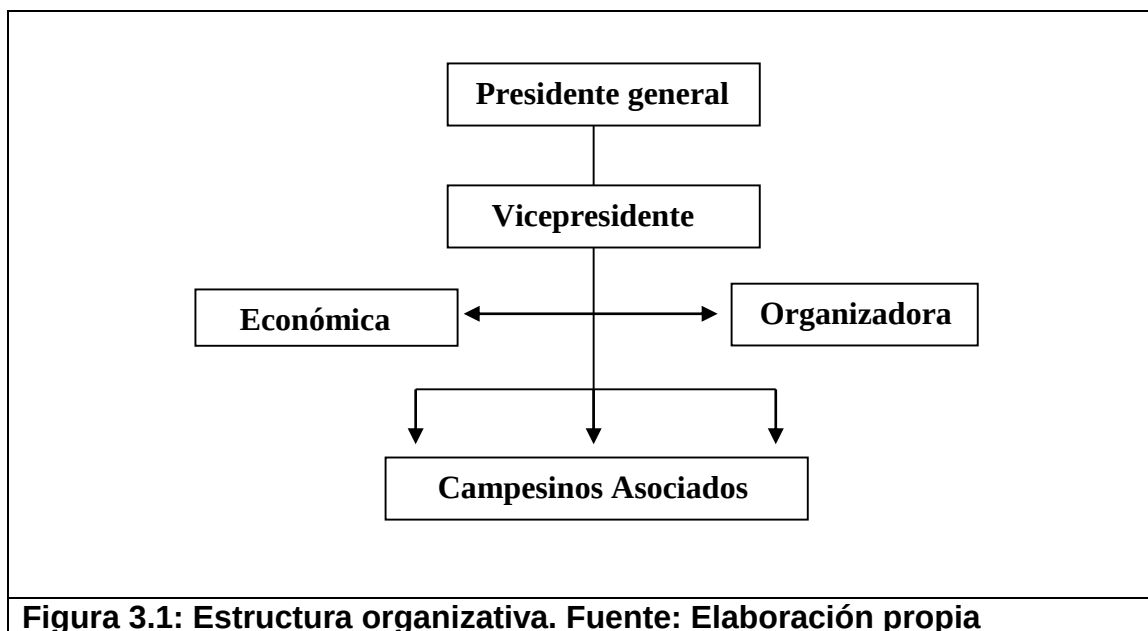


Figura 3.1: Estructura organizativa. Fuente: Elaboración propia

Centrándonos en la finca caso de estudio Los Manguitos con una superficie de 3.5 caballería, ubicada en el poblado de Tamarindo municipio Florencia provincia Ciego de Ávila, podemos decir que el pequeño agricultor propietario

Capítulo III. Análisis de los resultados

Dagoberto García, con un objeto social: producción ganadera, porcina, cultivos varios y a la preservación del medio ambiente. Obtuvo como resultado para sus ingresos la venta de 1200 L de leche de vaca, 2 T de frijoles, 1 T de tomate, 5 T de carne vacuna y 150 Qt de maíz al estado. Además de una crianza de 55 cerdos y 120 toros de ceba. Para contribuir con la reducción de la contaminación ambiental y protección del medio ambiente se realizó la instalación de un reactor de biogás de (geomembrana de PVC tubular) de 8 m³, con un costo total de 3000 pesos MN.

El proyecto del Digestor de Geomembrana de la CCS Delfín Luis Paz a la fecha de ejecutar esta investigación tiene 1 año de estar funcionando.

- Necesidad de la inversión

La cría de ganado vacuno y porcino ha tomado auge en los últimos años como consecuencia de las tendencias económicas de nuestro país, con una economía de perfil agropecuario. Sin embargo el incremento de la masa porcina se encuentra aparejado al incremento de la producción de residuos orgánicos que no reciben un correcto tratamiento. Asociado a ello, surgen los serios problemas que afectan los ecosistemas, se pone en peligro la salud humana y los propios recursos naturales.

El proyecto de inversión contribuirá a mitigar el problema de contaminación ambiental existente en la zona montañosa, como parte de una iniciativa de la ANAP para dar solución a la problemática antes mencionada. Nuestro caso de estudio forma parte del proyecto nacional de la ANAP "Disminución de las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero en las zonas montañosas de Cienfuegos", para el cual se solicitó un presupuesto de \$ 50.000,00 USD y \$ 16.000,00 MN a fin de adquirir los biodigestores de geomembrana tubular de PVC en Ecuador con un precio cada uno de \$ 500.00USD y que después serían vendidos a los productores porcinos, estatales y privados (CCS o cooperativas)

3.2 Análisis y discusión de los resultados técnicos.

Cálculos Teóricos.

Capítulo III. Análisis de los resultados

Volumen total de biodigestor

$$VT = VG + VL = 10 \text{ m}^3$$

$$VL = VT \times 0.75 = 7.5 \text{ m}^3$$

$$VG = VT \times 0.25 = 2.5 \text{ m}^3$$

$$VG = VL \div 3 = 2.5 \text{ m}^3$$

Producción Teórica de gas para un digestor de $10 \text{ m}^3 = 2,5 \text{ m}^3$

$$RT_{B(PC)} = RT \text{ ot}_{\text{metano}} + RT \text{ ot}_{\text{dioxido de carbono}} \quad \text{Ec.3.1.}$$

$$RT_{B(PC)} = 0.2745 + 0.2335$$

$$RT_{B(PC)} = 0.508$$

$$\%CH_4 = \frac{RT \text{ ot}_{\text{metano}}}{RT \text{ ot}_{\text{dioxido de carbono}}} \times 100 \quad \text{Ec.3.2.}$$

$$\%CH_4 = 0.2745 / 0.508 \times 100$$

$$\%CH_4 = 54 \%$$

$$CTD_{\text{metano}} = CT \text{ ot} \times C_{\text{metano}} \% \quad \text{Ec.3.3.}$$

$$CTD_{\text{metano}} = 2.5 \text{ m}^3 \times 54 \%$$

$$CTD_{\text{metano}} = 1.35 \text{ m}^3$$

Cálculos Reales.

$$Cd = Cant_{\text{cerdos}} \times Id_{\text{excreta}} \quad \text{Ec.3.4.}$$

$$Cd = 40 \times 2.25 \text{ Kg/d}$$

$$Cd = 90 \text{ Kg/d}$$

$$Mcd = M_{\text{seca}} + M_{\text{agua}} \quad \text{Ec.3.5.}$$

$$Mcd = 90 \text{ Kg/d} + 270 \text{ Kg/d}$$

Capítulo III. Análisis de los resultados

$$Mcd = 360 \text{ Kg}/_d$$

$$VL = Mcd \times TR \quad \text{Ec.3.6.}$$

$$VL = 360 \text{ Kg}/_d \times 21 \text{ días}$$

$$VL = 7560 \text{ L}$$

$$VL = 7.56 \text{ m}^3$$

El valor dado indica que está aceptable ya que con respecto al valor teórico solo se diferencia en 0,06 m³.

$$VG = VL/3 \quad \text{Ec.3.7.}$$

$$VG = 7.56 \text{ m}^3/3$$

$$VG = 2.52 \text{ m}^3$$

El valor dado indica que está aceptable ya que con respecto al valor teórico solo se diferencia en 0,02 m³.

Finalmente y como comprobación, el volumen total será por tanto, la suma de VL y Vg

$$VT = VG + VL = 2.52 \text{ m}^3 + 7.56 \text{ m}^3$$

$$VT = 10.08 \text{ m}^3$$

Este indica que se encuentra cerca del valor teórico de la planta aunque presenta un valor de 0,08 m³ por encima, que al ser tan pequeña la diferencia se puede aceptar.

$$DQO_D = DQO_I - DQO_F \quad \text{Ec.3.8.}$$

$$DQO_D = 1974 \text{ mg}/_L - 329.6 \text{ mg}/_L$$

$$DQO_D = 1644.4 \text{ mg}/_L$$

$$\%DQO_D = DQO_D/DQO_I \quad \text{Ec.3.9.}$$

Capítulo III. Análisis de los resultados

$$\%DQO_D = \frac{1644.4 \text{ mg/L}}{1974 \text{ mg/L}}$$

$$\%DQO_D = 83 \%$$

$$P_{\text{metano}} = PT_{\text{Bioás}} \times \%DQO \quad \text{Ec.3.10.}$$

$$P_{\text{metano}} = 2.52 \text{ m}^3 \times 83 \%$$

$$P_{\text{metano}} = 2.1 \text{ m}^3$$

3.3 Informe de la evaluación Ex Post del Digestor de Geomembrana de la CSS Delfín Luis Paz.

Introducción

La evaluación Ex – Post permite determinar los resultados y el impacto del proyecto esperados e inesperados con relación a la metas que fueron fijadas al inicio del mismo. Es considerada como la última etapa del análisis de un proyecto, donde se valora si las actividades desarrolladas permitieron obtener los productos para alcanzar el propósito planteado y contribuir a la solución del problema identificado.

Para el caso en estudio se documentará lo relacionado con la etapa de ejecución y operación del proyecto Digestor de Geomembrana de la CSS Delfín Luis Paz. Además el informe se compone de apartados, los cuales describen las acciones que se deben llevar a cabo para el análisis respectivo.

Se finaliza con las conclusiones y recomendaciones que se consideran pertinentes según lo investigado y analizado sobre el proyecto objeto de estudio.

Objetivos

El proyecto Digestor de Geomembrana de la CSS Delfín Luis Paz presenta desde sus inicios un enfoque sostenible, dirigido a mitigar la contaminación ambiental que existía en la zona de microlocalización. Como objetivo general se definió tratar adecuadamente los residuos generados en el proceso de la cría intensiva de cerdos y la sustitución de la energía eléctrica por el biogás para la cocción de alimentos.

Capítulo III. Análisis de los resultados

Resumen ejecutivo del proyecto

El Digestor de Geomembrana de la CSS Delfín Luis Paz se adquirió para reducir la contaminación excesiva al medioambiente por convenio de la ANAP. El centro contaba al cierre de 2014 con 40 cerdos, sin embargo tiene una capacidad total de hasta 90.

El digestor nos aportan diferentes bondades, a continuación relacionamos lo que se produce diario y mensual.

Diario:

Lodo finales aprovechados como bio-abono: 94kg

Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido): 280 kg

Biogás: 2,5 m³

Mensual

Lodo finales aprovechados como bio-abono: 2,82 t

Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido): 8,4 t

Biogás: 75 m³ Equivalencia de biogás a energía eléctrica: 1 m³ = 1.8 kw

Energía eléctrica: 135 kw

El esquema de tratamiento está compuesto por los siguientes elementos y que aparecen en la figura 3.2

Esquema de la planta de tratamiento.

Leyenda:

- 1) Vivienda beneficiada por el biogás del pequeño agricultor
- 2) Cuarto de almacenamiento de la comida de los animales.
- 3) Corrales de los cerdos
- 4) Reactor de biogás de geomembrana tubular de PVC de 8 m³.
- 5) Laguna del lodo y el biol que sale del reactor de biogás.
- 6) Terreno de siembras de cultivos varios del campesino.
- 7) Terreno de siembras hortalizas del campesino.
- 8) Estanque de preparación del purín con agua del lavado de los corrales

Capítulo III. Análisis de los resultados

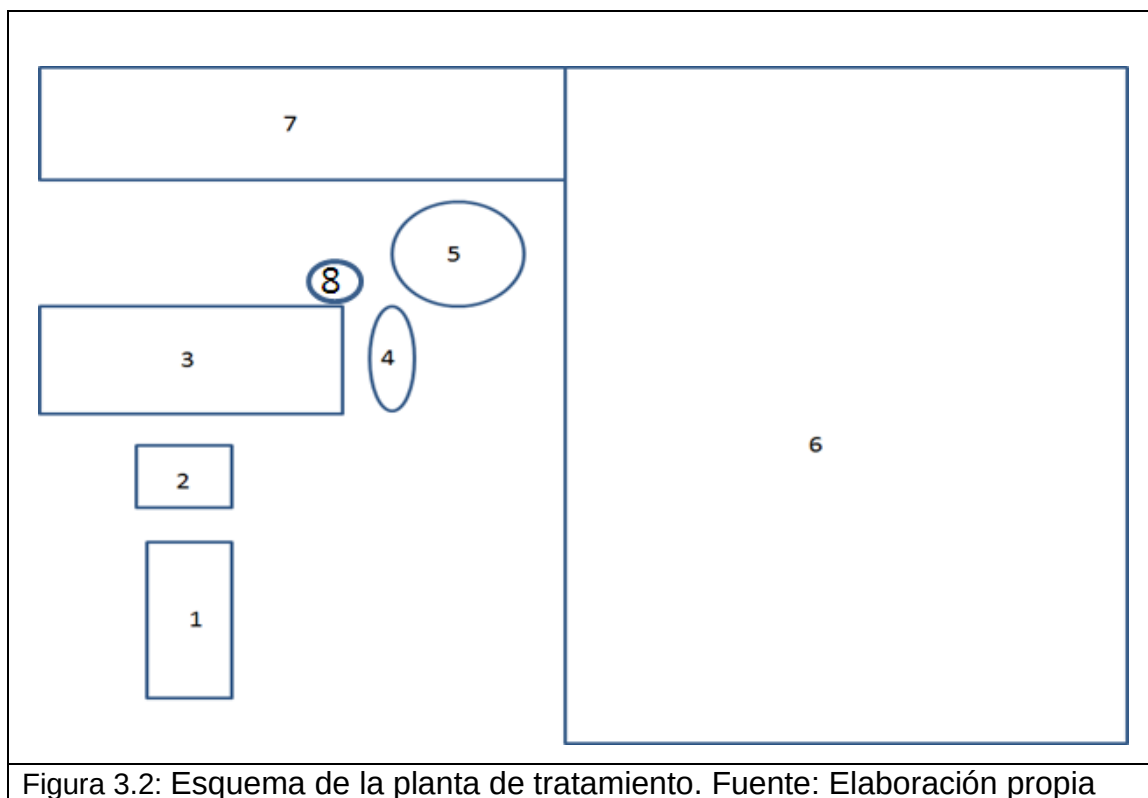


Figura 3.2: Esquema de la planta de tratamiento. Fuente: Elaboración propia

Descripción del esquema:

La cría de cerdos se encuentra en la nave de corrales (3), de las cuales al ser lavados, pasan por gravedad: el purín y la orina de los cerdos junto con el agua procedente de la limpieza al estanque de preparación de la mezcla de purín, orina y agua (8), donde se queda depositada diluyéndose hasta alcanzar el nivel al cual se comienza a alimentar el biodigestor de geomembrana tubular de PVC (4); una vez ocurridos el proceso físico-químico de digestión anaerobia en el interior de este; el biogás pasa a través de una manguera plástica hasta la cocina de la vivienda (1), los residuales a la salida del digestor ,lodo y biol son llevados a una laguna (5) don se quedara retenido.

Identificación del Proyecto

El proyecto clasifica como estratégico. Su objetivo principal es reducir la contaminación ambiental de la zona y la utilización del biogás, para la generación de energía calórica en la cocción de alimentos.

Localización

Capítulo III. Análisis de los resultados

La inversión no sufrió modificación alguna. La CCS Delfín Luis Paz se encuentra situada en el poblado de Tamarindo Municipio Florencia, perteneciente a la Provincia de Ciego de Ávila. La principal vía de acceso es un camino que se deriva de la Carretera del Municipio Ciro Redondo hacia el Municipio de Florencia, limita por el norte con el municipio de Chambas, por el sur con el Municipio de Majagua, por el este con la provincia de Sancti Spíritus y por el oeste por el municipio de Ciro Redondo, posee una extensión de 720 hectáreas.

Resultados del Informe de la Evaluación Ex–Post del Proyecto

Según la evaluación Ex antes, las partidas principales que integraron planificadamente el costo de la inversión fueron: construcción del digestor, gastos de investigación y desarrollo, licencia ambiental, capital de trabajo necesario, e imprevistos.

De forma real se mantuvieron todas las partidas, solo los gastos de investigación y desarrollo no fueron ejecutados, para un costo total de \$ 6158,89; de \$4432,23 planificados.

De forma real el proyecto fue sobre costado en un 39 % o sea en \$ 1726,66 y las partidas que incidieron significativamente en el mismo fueron: la construcción del digestor sobre costado en un 128% o sea en \$ 2553,99, debido al precio tan elevado de los materiales adquirido (a precio de mercado), y los imprevistos sobre costados en un 39% o sea en \$ 172,67; los gastos de capital de trabajo fueron sub costados en un 97% o sea en \$ 3912,54; en el caso particular de los gastos de investigación y desarrollo no se ejecutaron y los gastos de licencia ambiental fueron cumplimentados al 100 % o sea según lo planificado, ver tabla 3.1.

Tabla 3.1 Resumen de las partidas componentes del costo de inversión de ex antes y ex post del proyecto :Fuente Elaboración Propia

Partidas	Ex antes	Ex post	Desviación	
			absoluta	IC
Digestor PVC (10 m ³)	1989,01	4543,00	2553,99	128%

Capítulo III. Análisis de los resultados

Gastos de investigación y desarrollo	1000,00	0,00	-1000,00	-100 %
Licencia ambiental	1000,00	1000,00	0	0 %
Capital de trabajo necesario	4037,47	124,93	-3912,54	-97%
imprevistos	443,22	615,89	172,67	39%
Costo Total	4432,23	6158,89	1726,66	39%

Costos reales en la adquisición e instalación del digestor

- Por la CCS tuvieron que pagar para la adquisición del mismo una suma de 665.00 CUP

Se compraron los siguientes Materiales:

- 372 bloques con un precio de 3.50 CUP cada bloque, lo q equivale a: 1302.00 CUP
- 5 sacos de cemento con un precio de 112.00 CUP cada saco, lo q equivale a: 560.00 CUP
- 3 m³ de arena con un precio de 80.00 CUP cada m³, lo q equivale a: 240.00 CUP
- 2 m³ de gravilla con un precio de 250.00 CUP cada m³, lo q equivale a: 500.00 CUP
- 44 m lineales de Acero de 1/2 con un precio de 9.00 CUP cada m lineal, lo q equivale a: 396.00 CUP
- 8 planchas de fibrocemento con un precio de 110.00 CUP cada plancha, lo q equivale a: 880.00 CUP

Beneficios consecuentes al empleo del digestor:

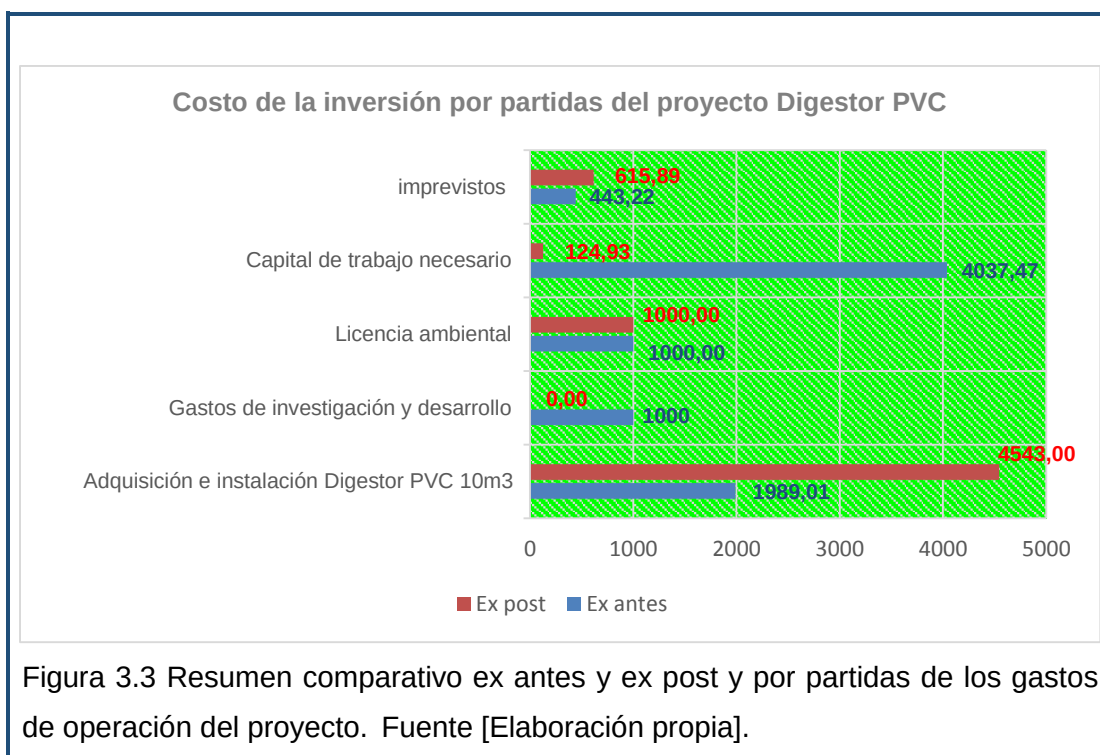
Una notable disminución en el consumo energético puesto que anteriormente al empleo de la planta se pagaban alrededor de 100.00 CUP mensual como promedio, y actualmente solo se paga 30.00 CUP mensual como promedio. Se ahorran 70.00 CUP mensuales.

Recursos financieros y formulación presupuestaria.

- Indicador de Costos

Capítulo III. Análisis de los resultados

Como se dijo anteriormente el proyecto fue sobre costado en un 39 % o sea en \$ 1726,66 y las partidas que incidieron significativamente en el mismo fueron: la construcción del digestor sobre costado en un 128% o sea en \$ 2553,99 y los imprevistos sobre costados en un 39% o sea en \$ 172,67; los gastos de capital de trabajo fueron sub costados en un 97% o sea en \$ 3912,54; en el caso particular de los gastos de investigación y desarrollo no se ejecutaron y los gastos de licencia ambiental fueron cumplimentados al 100 % o sea según lo planificado, ver Figura 3.3



La inversión neta sufre también modificaciones en su estructuración de forma ex post; los gastos de adquisición e instalación del digestor PVC continúan siendo los predominantes pero con un incremento en su valor relativo de forma real (72 %) al igual que los imprevistos al 10% y la licencia ambiental al 16%, por su parte el capital de trabajo disminuyo al 2%, y en el caso de los gastos de investigación y desarrollo disminuyen al 0% respecto al valor planificado, ver figuras 3.4 y 3.5.

Capítulo III. Análisis de los resultados

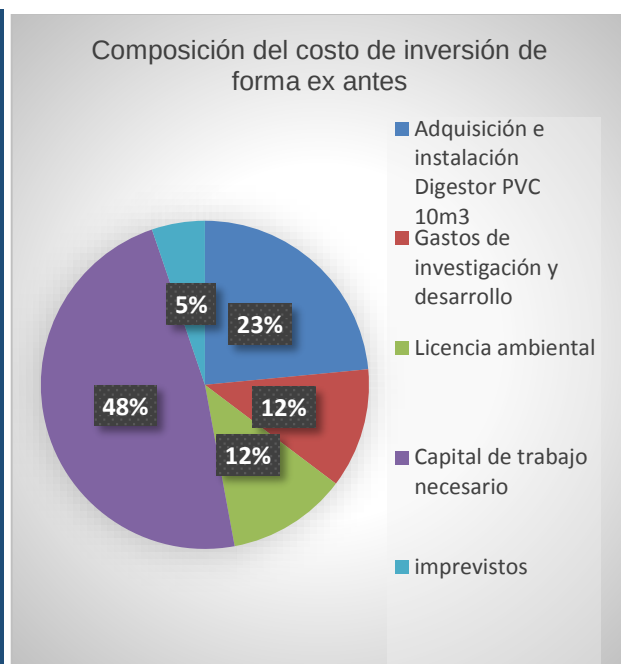


Figura 3.4 Composición del costo de inversión de forma ex antes. Fuente [Elaboración propia].

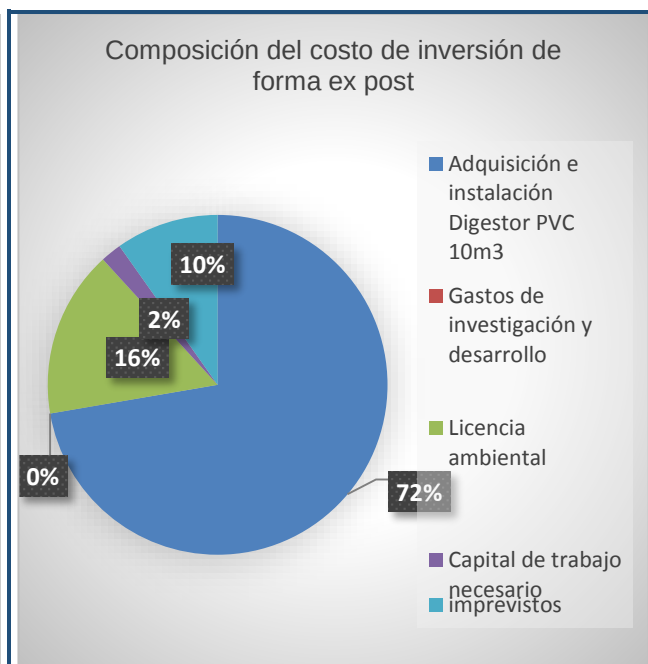


Figura 3.5 Composición del costo de inversión de forma ex post. Fuente [Elaboración propia].

Las entradas del proyecto se planificaron encaminadas a tres variables fundamentales: en primer lugar dada por la sustitución de la energía eléctrica por el biogás en la cocción de los alimentos para de esta forma disminuir los gastos por este concepto; y en segundo lugar se concibió la venta del fertilizante orgánico: biol y lodo.

En Cuba no existe una norma para el control del uso del Biol, no obstante podemos afirmar que existe diversos tipos de Biol y que se puede determinar su calidad según el valor de los análisis de laboratorio en función de: DQO y DBO. En relación a estos indicadores proponemos la determinación de la calidad del Biol y su no uso en algunos casos.

Tabla 3.2: Determinación de la calidad del Biol en Cuba.

Capitulo III. Análisis de los resultados

Indicador	Excelente	Bueno	Aceptable	No Apto uso
$\Delta DQO \%$	100 - 95	94 - 88	87 - 76	Menos 75
DBO_5	0 - 30	31 - 60	61 - 95	Mayor 96

Fuente: Guzmán Chinaea 2015.

$$DQO_D = DQO_I - DQO_F \text{ } mg/L$$

$$\Delta DQO = DQO_D - DQO_I \%$$

$$\%DQO_D = 83 \%$$

Se debe tener un periodo de almacenamiento para el Biol, según su calidad, para su uso:

Excelente (E): 5 días

Bueno (B): 10 días

Aceptable (A): 15 días.

Para el uso del biol en alimento animal solo se debe utilizar el: Excelente y el Bueno, de calidad.

	Excelente (E)	Bueno (B)	Aceptable (A)
Precio Lt:	\$ 0,80	\$ 0,50	\$ 0,20
Precio t:	\$ 800,00	\$ 500,00	\$ 200,00

Fuente: Guzmán Chinaea 2015.

Capítulo III. Análisis de los resultados

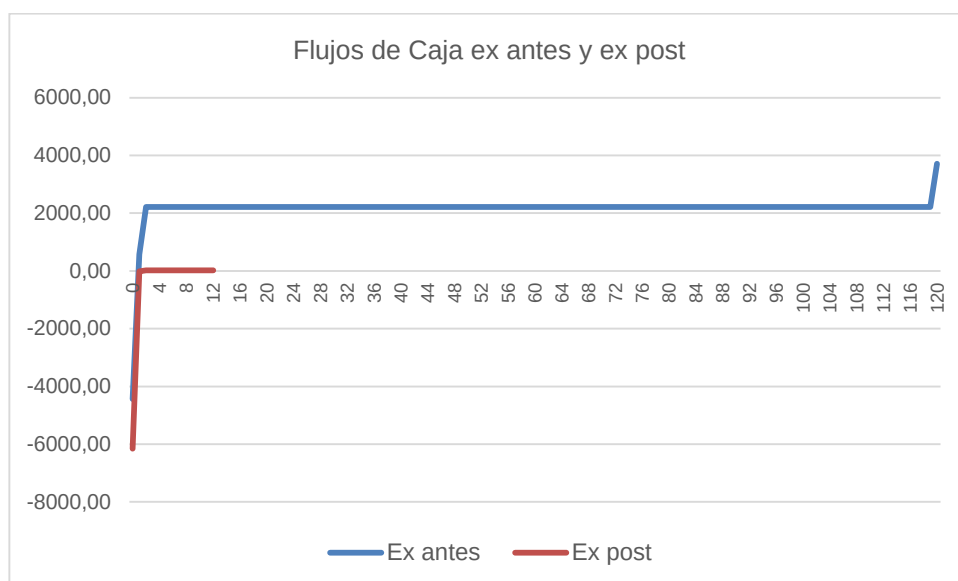


Figura 3.6 Correlación entre los flujos de caja planificados y reales. Fuente Elaboración Propia

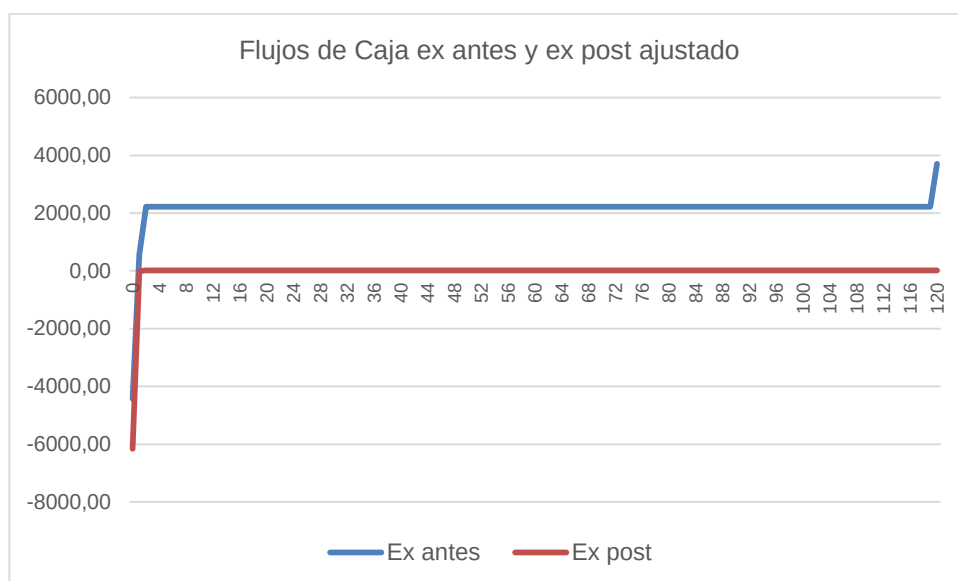


Figura 3.7 Correlación entre los flujos de caja ajustados planificados y reales. Fuente Elaboración Propia

Para el estudio de factibilidad se trabajó con tasas de actualización que se mueven entre un 7 % y 15 % anual, el primer porcentaje referido en el análisis es la tasa de interés que establece el Banco Central de Cuba para los préstamos a largo plazo, según Resolución 59/99, pero la misma se ha

Capítulo III. Análisis de los resultados

aumentado arbitrariamente hasta el último valor referenciado, condicionado por el tipo a que descuentan las empresas que tienen declarado dentro su objeto social los estudios de factibilidad, según Resolución 91/2006 del MEP y modificada con fecha 30/11/2010.

En la provincia existen un conjunto de instituciones que realizan estudios de factibilidad, entre ellas se encuentran: la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA), y el Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ) adscriptos al Ministerio de la Agricultura, de conjunto con otras tantas entidades como son: Consultores Asociados S.A (CONAS), la Agencia Internacional, Ajuste de Averías y Otros Servicios Conexos (INTERMAR), el Grupo Empresarial de Diseño e Ingeniería de la Construcción (EDIN) y DIPROYEND, antiguas oficinas del PDHL, este último promueve la creación de una amplia red de alianzas estratégicas a nivel local, nacional e internacional, a través de la cooperación entorno al desarrollo local. Todas estas organizaciones se rigen por un procedimiento que presentan un conjuntos de pasos comunes que siguen la estructura de un plan de negocios y que son normados por el Ministerio de Economía y Planificación así como para las Iniciativas Municipales de Desarrollo Local (IMDL) que centra DIPROYEND.

El índice de eficiencia del VAN es menor que cero. El signo negativo del indicador nos muestra que se obtuvo resultados por debajo a los programados, o sea el proyecto en su evaluación ex antes era rentable y al realizar la evaluación ex post se vuelve irrentable con valores para $VAN < 0$ para todas las tasas de descuento, dado que no se utiliza el fertilizante orgánico de ninguna manera y la única entrada del proyecto de forma real es el ahorro de energía eléctrica por valor de \$ 70,00 mensuales; por su parte el valor modular del indicador nos da la medida de la variabilidad de los resultados, para el caso de estudio es significativa pues se mueve entre 102.48 % y 103.69 %, ver figura 3.8.

Capítulo III. Análisis de los resultados

Tabla 3.3 Índice de eficiencia del VAN para el proyecto. Fuente Elaboración Propia

VAN	7%	10%	12%	15%
Ex antes	187510,54	165382,61	152870,83	136809,57
Ex post	-4656,53	-4827,23	-4925,97	-5052,76
Variación Absoluta	-192167,07	-170209,84	-157796,80	-141862,33
IE (VAN)	-102,48%	-102,92%	-103,22%	-103,69%

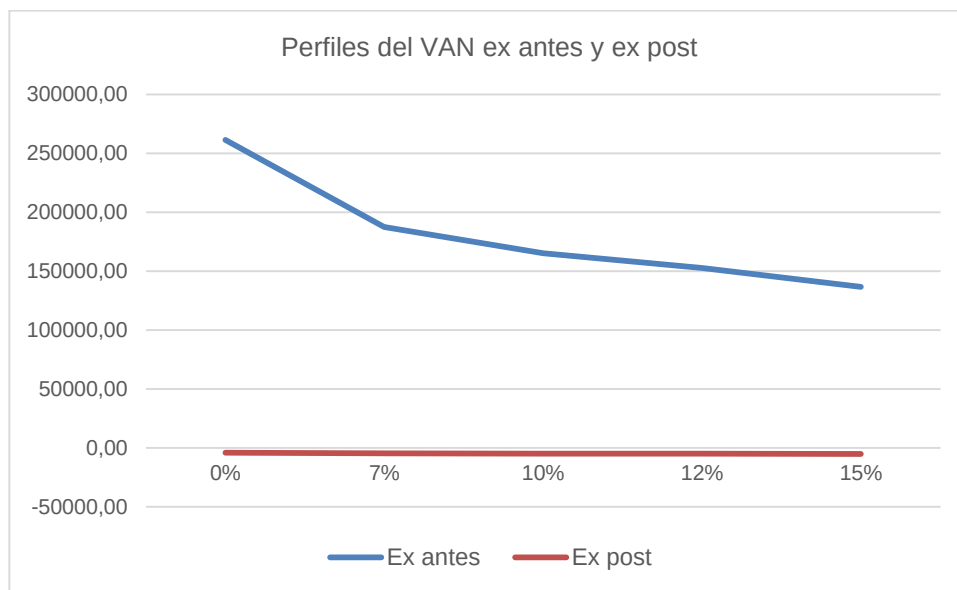


Figura 3.8 Perfiles del VAN ex antes y ex post. Fuente Elaboración Propia

El índice de eficiencia respecto a esta variables corrobora lo expresado anteriormente por la técnica del VAN; sus valores absolutos se mueven entre 99.43 % y 99.45 % ver tabla 3.4, para el caso de la TIR, ver figura 3.9

Capítulo III. Análisis de los resultados

Tabla 3.4 Índice de eficiencia para el índice de rentabilidad. Fuente Elaboración Propia

Índice de Rentabilidad	7%	10%	12%	15%
Ex antes	43,31	38,31	35,49	31,87
Ex post	0,24	0,22	0,2	0,18
Variación Absoluta	-43,07	-38,09	-35,29	-31,69
IE (IR)	-99,45%	-99,43%	-99,44%	-99,44%

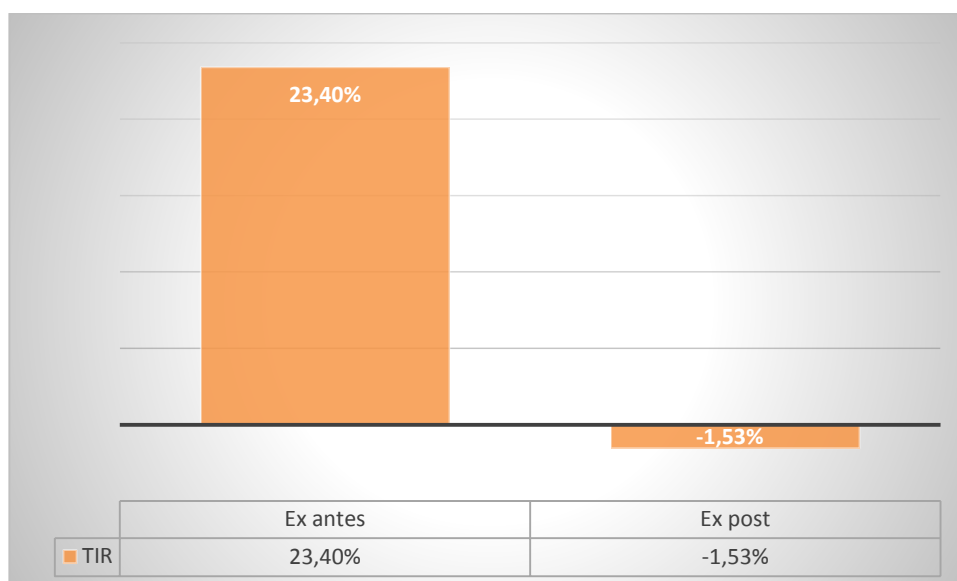


Figura 3.9 Índice de eficiencia calculado para la tasa interna de retorno. Fuente Elaboración Propia

3.4 Impacto medio ambiental.

Impacto ambiental.

Por el uso del reactor de geomembrana de capacidad de 10 m³ se le da tratamiento a 34,3 t de residuos (excreta) porcina anualmente, lo que representa dejar de emitir a la atmosfera 21 t de metano y 13,3 t de CO₂. Lo que significa llevado todo a la equivalencia de CO₂ en 496,3 t. Como se conoce 1 t de metano equivale a 23 t de CO₂.

Impacto social.

Capítulo III. Análisis de los resultados

Fundamentalmente representa un ahorro de energía eléctrica por el uso del biogás para cocinar, dejando de pagar por este concepto \$ 70,00 pesos mensuales, lo que representa 78 kW, que mejora la economía de la familia.

Conclusiones Parciales:

1. Durante la evaluación ex antes la intervención era rentable y al realizar la evaluación ex post se vuelve irrentable con valores para VAN < 0 para todas las tasas de descuento, dado que no se utiliza el fertilizante orgánico de ninguna manera y la única entrada del proyecto de forma real es el ahorro de energía eléctrica por valor de \$ 70,00 mensuales.
2. De forma real el proyecto fue sobre costado en un 39 % o sea en \$ 1726,66 y las partidas que incidieron significativamente en el mismo fueron: la construcción del digestor sobre costado en un 128% o sea en \$ 2553,99 y los imprevistos sobre costados en un 39% o sea en \$ 172,67; los gastos de capital de trabajo fueron sub costados en un 97% o sea en \$ 3912,54; en el caso particular de los gastos de investigación y desarrollo no se ejecutaron y los gastos de licencia ambiental fueron cumplimentados al 100 % o sea según lo planificado.
3. El índice de eficiencia del VAN es menor que cero. El signo negativo del indicador nos muestra que se obtuvo resultados por debajo a los programados, o sea el proyecto en su evaluación ex antes era rentable y al realizar la evaluación ex post se vuelve irrentable con valores para VAN < 0 para todas las tasas de descuento; por su parte el valor modular del indicador nos da la medida de la variabilidad de los resultados, para el caso de estudio es significativa pues se mueve entre 102.48 % y 103.69 %

Conclusiones

Conclusiones

1. En nuestros días, la humanidad genera un volumen importante de residuos que ocasionan graves problemas ambientales. Diversos estudios han demostrado que los residuos orgánicos pueden ser degradados por la acción biológica, mitigando su impacto negativo en el medio ambiente.
2. Durante la investigación se identificó que en el mundo existen varios tipos de digestores, los cuales tienen distintas calificaciones según su modo de operación y el uso que se le da. En el caso de los reactores de geomembrana, tienen como característica que aumenta la temperatura en su interior por el efecto invernadero que provoca el material (derivado del petróleo) y esto repercute en la eficiencia del mismo y la disminución del tiempo de retención necesario.
3. Los proyectos de inversión pueden generar impactos positivos en los beneficiarios, pero se requiere que en varias de sus fases o etapas sean evaluados, teniendo en cuenta las características del cualquier caso de estudio, con el fin de comprobar lo antes dicho y retroalimentar futuros proyectos.
4. Como resultado de la investigación, se pudo comprobar que durante la evaluación ex ante la intervención era rentable y al realizar la evaluación ex post se vuelve irrentable con valores para VAN < 0 para todas las tasas de descuento, dado que no se utiliza el fertilizante orgánico de ninguna manera y la única entrada del proyecto de forma real es el ahorro de energía eléctrica por valor de \$ 70,00 mensuales.
5. De forma real el proyecto fue sobre costado en un 39 % o sea en \$ 1726,66 y las partidas que incidieron significativamente en el mismo fueron: la construcción del digestor sobre costado en un 128% o sea en \$ 2553,99 y los imprevistos sobre costados en un 39% o sea en \$ 172,67; los gastos de capital de trabajo fueron sub costados en un 97% o sea en \$ 3912,54; en el caso particular de los gastos de investigación y desarrollo no se ejecutaron y los gastos de licencia ambiental fueron cumplimentados al 100 % o sea según lo planificado.

Conclusiones

6. El índice de eficiencia del VAN es menor que cero. El signo negativo del indicador nos muestra que se obtuvo resultados por debajo a los programados, o sea el proyecto en su evaluación ex antes era rentable y al realizar la evaluación ex post se vuelve irrentable con valores para $VAN < 0$ para todas las tasas de descuento; por su parte el valor modular del indicador nos da la medida de la variabilidad de los resultados, para el caso de estudio es significativa pues se mueve entre 102.48 % y 103.69 %
7. Podemos decir que este proyecto es beneficioso por su impacto ambiental, en este caso particular se le da tratamiento a 90 kg diario de excreta porcina, influyendo en la disminución de la emisión de metano y CO_2 a la atmósfera.
8. Desde el punto de vista económico, hay un ahorro equivalente a 936 kW anual, lo que representa \$ 840.00.
9. En nuestro caso de estudio, se están afectando las entradas del proyecto por la no comercialización del Biol por \$ 20 440,00 anuales y del Lodo por \$ 6 862,00 anual, para un valor total dejado de ganar de \$ 27 302,00.

Recomendaciones:

Recomendaciones:

- Hacer un uso integral de todas las bondades del sistema de tratamiento (biogás, biol y lodos) con el fin de alcanzar rentabilidad en la explotación de este tipo de sistema, teniendo en cuenta de que el biol producido se encuentra en el rango de aceptable con un valor de \$ 200.00 t, el cual puede ser comercializado.
- Construir una laguna de almacenamiento de biol para darle el tiempo de retención necesario antes de ser aplicado a las cosechas y de esta forma evitar posibles afectaciones a corto o largo plazo que se pueden presentar a los suelos por un exceso de metales pesados u otros cuerpos extraños que quedan al no lograr una degradación completa de la mezcla de entrada.

Referencias Bibliográficas:

Referencias Bibliográficas:

- Aching, C. (2006). Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales.
- Baca Urbina, G. (2001). *Evaluación de Proyectos. Análisis y Administración del Riesgo*. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana S. A.
- Bannock Grahmam, B. (1990). *Diccionario de Economía*. México.
- Cara, L. G. (2008). Análisis de riegos en proyectos de inversión utilizando el método de la simulación.
- Catacora, F. (2004). *Contabilidad. La base para las decisiones gerenciales*. Venezuela: Editorial Marc-Graw Hill.
- Devora, Y.C. (2007). Algunas consideraciones para la evaluación de inversiones.
- Formación gerencial de la Administración. Clasificación de los proyectos de inversión. (2005).
- García Melián, M. (2005). Evaluación del Impacto en Proyectos de Inversión. Experiencia Cubana.
- García, A. (2005). Reseña histórica de la evolución de la ciencia financiera.
- Guardado Chacón, J. A. (2007). Tecnología del biogás.
- Guardado Chacón, J. A. (2010). Sistemas de tratamiento de Biogás.
- Guzmán Chinae, J. M. (2013a). *Digestión Anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos*. España: Editorial Académica Española.
- Guzmán Chinae, J. M. (2013b). *Evaluación económica de la energía renovable*. España: Editorial Académica Española.
- Guzmán Chinae, J. M. (2013c). *Valoración de la eficiencia de plantas de biogás a pequeña escala*. España: Editorial Académica Española.
- Kelety Alcalde, A. (1990). Análisis y evaluación de inversiones.
- León G, S. Y. (2003). Construcción y utilización de biodigestores en comunidades rurales de Nicaragua.
- Mesa, G. M. (2007). Formulación y Evaluación Financiera y Social de Proyectos de Inversión.
- Morea, L. (2006). Curso de administración financiera.

Referencias Bibliográficas:

Nassir, S. C., & Sapag Ch, R. (2000). Preparación y evaluación de proyectos.

Padrón, W. R. (2009). Biodigestores.

Páez E, J. (2005). Las inversiones y los riesgos. Cada tipo de riesgo afecta tu inversión de modo diferente.

Rodríguez Bolaños, D. (2012). *Aplicación de un procedimiento para la evaluación Ex Ante del proyecto de inversión de la ECOA 37*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

Rodríguez, Cruz, H. I. (2007). Importar lo que importa.

Rodríguez, G.M. (2007). Formulación y evaluación financiera y social de proyectos de inversión.

Rosales Posas, R. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos*. Costa Rica.

Santiago, A. (2003). Decisiones óptimas de Inversión y Financiación en la Empresa.

Sosa Cáceres, R. (2008). Tecnologías de biogás apropiadas.

Torres Eyenebi, O. (n.d.). Aplicación de un procedimiento para la evaluación de inversiones dirigidas a la producción de granos en varios complejos arroceros del territorio.

Anexos

Anexos

Anexo A: Tabla 1.2: Tipos de reactores y su clasificación.

Tabla 1.2: Tipos de reactores y su Clasificación.

Reactores de primera generación.	Reactores de segunda generación.	
	Con crecimiento en soporte.	Con crecimiento disperso.
1) Tanques sépticos. 2) Lagunas anaerobias. 3) Digestores convencionales, (modelo chino o de cúpula fija, modelo hindú o de campana flotante).	1) Híbrido. 2) Lecho fijo. 3) Lecho fluidizado o expandido. 4) Filtro anaerobio con carbón activado. 5) Inmovilización de microorganismos. 6) Asociado a partículas suspendidas. 7) Contacto rotatorio anaerobio. 8) Columna de plato.	1) Lodo activado anaerobio. 2) UASB. 3) EGSB 4) Circulación interna. 5) Con ascensión de gas. 6) Modificado de alta velocidad. 7) Membrana. 8) Flujo horizontal con deflectores. 9) Dos etapas. 10)Percoladores en serie. 11)Tubular inclinado.

Anexo B: Esquema final de los cuatros tipos de evaluación.



Anexos

Anexo C: Tabla 1.3: comparación entre tres digestores

Comparación entre varios digestores.

Diseño / Criterio	Digestor de Domo Flotante	Digestor de Domo Fijo	Digestor de bolsa o balón
Componentes principales.	Digestor construido para almacenaje gas en tambor flotante	Digestor construido con fosa excavada.	Digestor y almacenaje gas integrado, material plástico.
Sustratos adecuados	Excrementos de animales con o sin residuos vegetales.	Excrementos animales con o sin residuos vegetales.	Excrementos animales solamente.
Vida útil prevista	8-10 años	12-20 años	8-10 años
Volumen del digestor	6-100 m ³	6-20 m ³	4-100 m ³
Ventajas	Fácil construcción, operación, presión uniforme, tecnología madura	Bajo Costo, vida útil larga, buen aislamiento.	Construcción prefabricada, fácil operación.
Inconvenientes	La cúpula de metal puede oxidarse.	Aislamiento de la parte superior de almacenaje de gas, fluctuación de la presión de gas.	No se construye in situ, vida útil corta (8-10 años) de material plástico, producción de gas baja.
Operación y mantenimiento	Fácil, necesidad de pintar regularmente la cúpula de gas.	Fácil, después de cuidadosa familiarización con la planta.	Fácil, control regular de la presión de gas.
Producción diaria de gas	0.3-0.3 m ³	0.2-0.5 m ³	0.3-0.8 m ³
Elementos costosos	Cúpula metálica de gas.	La combinación de digestor acumulador de gas y excavación	La lona de plástico.
Usos recomendados	Muy desarrollado, fiable en tamaños familiares.	Equipo no muy caro, bueno para residuos agrícolas.	Para plantas de pequeña escala o soluciones rápidas.

Fuente: Elaboración Propia.

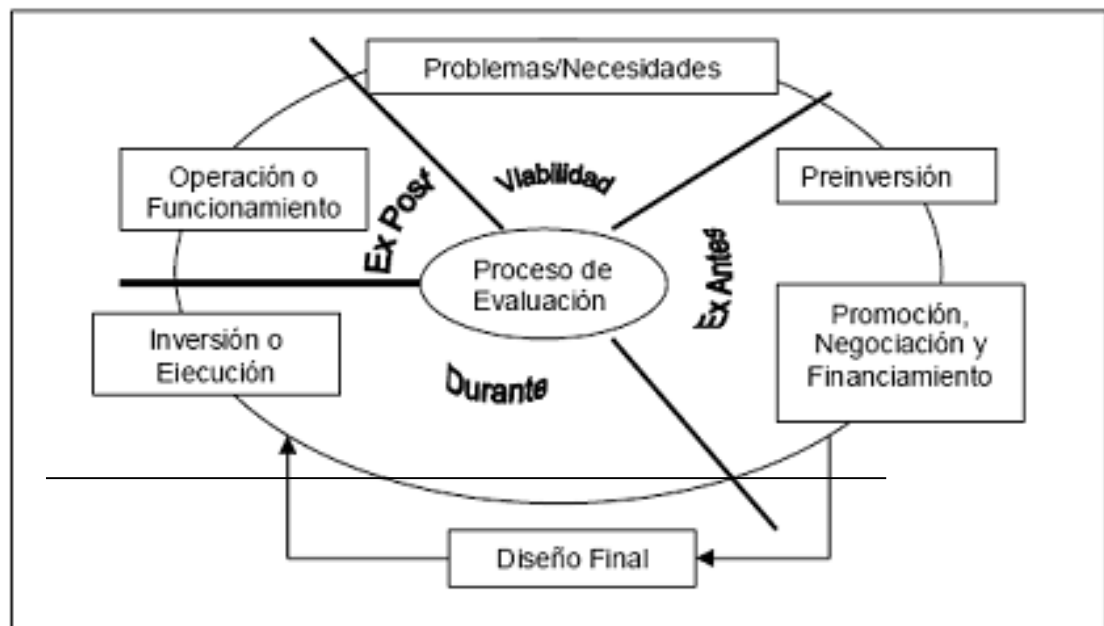
Anexo D: Figura 1.8: Digestor tipo Geomembrana



Anexos

Anexo E: Las cuatro etapas en que se evalúa un proyecto.

Estas cuatro etapas en que se evalúa un proyecto, están relacionadas con los tres tipos de evaluación que normalmente se conocen: Ex-antes; durante y ex-post



Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

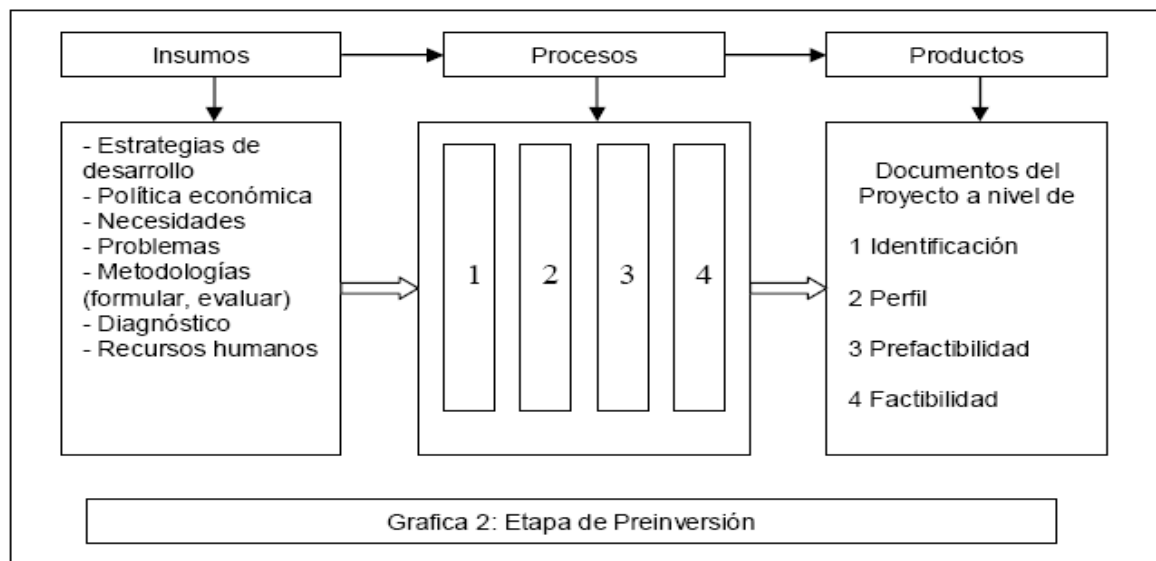
Formulación y Evaluación de Proyectos.

Ramón Rosales Posas.

Instituto Centroamericano de Administración Pública

Anexos

Anexo F: Etapa de Pre inversión.



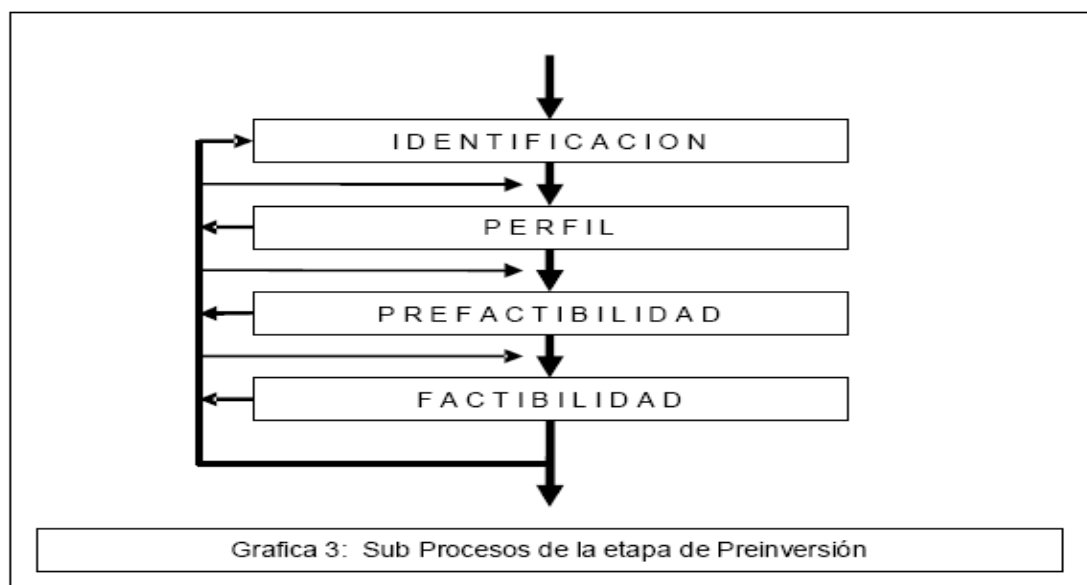
Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

Formulación y Evaluación de Proyectos.

Ramón Rosales Posas.

Instituto Centroamericano de Administración Pública

Anexo G: Sub proceso de la etapa de pre inversión.



Anexos

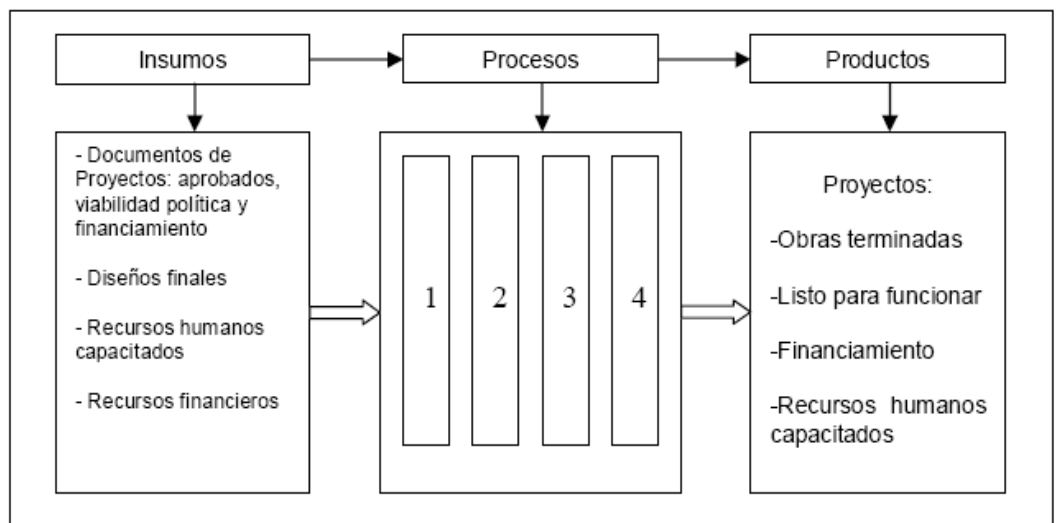
Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

Formulación y Evaluación de Proyectos.

Ramón Rosales Posas.

Instituto Centroamericano de Administración Pública

Anexo H: Fase ejecución o seguimiento



Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

Formulación y Evaluación de Proyectos.

Ramón Rosales Posas.

Instituto Centroamericano de Administración Pública