

1986

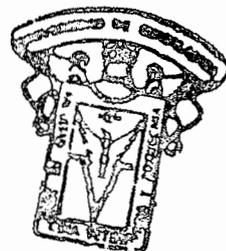
REG. N^o. 0722101375

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



V580



OFICINA DE
DIFUSION CIENTIFICA

PROYECTO TECNOLOGICO DEL USO DE UN DIGESTOR COMO
PLANTA PILOTO PARA LA EXPLOTACION DE UNA
GRANJA PORCINA

HORACIO GONZALEZ ZERMEÑO

ASESOR: M.V.Z. MARIA DEL CONSUELO ARANA FLORES

GUADALAJARA, JALISCO, 1986

A MIS PADRES:

HORACIO GONZALEZ PADILLA

MARIA A. ZERMEÑO DE GONZALEZ

Que con su gran amor, sus sabios consejos y su gran apoyo_ he podido realizar una de mis grandes metas.

A MIS HERMANOS:

VICTOR, BENEDICTO, BULMARO, RODOLFO, LUIS ALFONSO, --
ANGELICA Y GERARDO.

Por todos los años compartidos con ellos, recibien_ do su admiración, compañerismo y cariño.

A UN GRAN AMIGO:

LIC. MANUEL BALTAZAR GONZALEZ

A quien quiero como a mi hermano

A MI ESPOSA:

ANA GUILLERMINA DE ALBA DE GONZALEZ

Por todo su amor, paciencia y con- sejos. Ya que en gran medida debo_ a ella lo que ahora he logrado. --
Gracias.

A MIS ADORABLES HIJOS:

HORACIO Y ANA KARLA

Que con su gran ternura y amor me impulsan a lograr nuevas metas en mi vida.

A MIS TIOS:

CARMEN TERESA ZERMEÑO DE CUETARA

ROBERTO CUETARA JAGOU

E HIJAS.

Por brindarme su apoyo, cariño y consejos; y formar parte de una de las mejores épocas de mi vida.

A MIS FAMILIARES CON CARÍÑO:

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE GENERACION.

Que con su desinteresado apoyo me han ayudado a salir adelante y de los que tengo recuerdos muy gratos.

A LAS FAMILIAS:

CUETARA SAINZ, CUETARA PLIEGO, CUETARA CASTELLANOS, CUETARA RODRIGUEZ, BERNAL SAINZ, DE LA BARRERA LOZANO,

BALTAZAR GONZALEZ, DE ALBA PEREZ, PEREZ MUÑOZ.

Que de una manera u otra me han alentado a salir adelante.

A MIS PROFESORES Y A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Por ser forjadores de un Profesionista y un Trabajador
del campo más para México.

A LOS DOCTORES:

M.V.Z. ENRIQUE LOPEZ PASARON
M.V.Z. RODOLFO BARBA

A MI ASESOR:

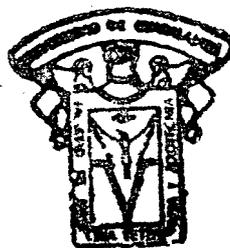
M.V.Z. MARIA DEL CONSUELO ARANA FLORES.

A MI HONORABLE JURADO:

M.V.Z. CARLOS B. FIGUEROA DURAN
M.V.Z. LEOPOLDO BASULTO RUIZ
M.V.Z. MIGUEL CARBAJAL SORIA
M.V.Z. JOSE RIZO AYALA

AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SOBRE RECURSOS BIOTICOS.
XALAPA, VER. Y A LOS COLABORADORES DEL PROGRAMA ORDENACION Y CON-
SERVACION (ECODESARROLLO).

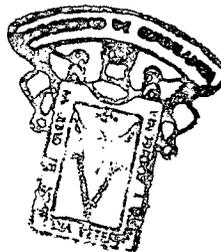
Y A TODOS LOS QUE DE UNA MANERA U OTRA CONTRIBUYERON
A AYUDARME A SER LO QUE AHORA SOY.



OFICINA DE
MUESTREO CIENTIFICO

CONTENIDO

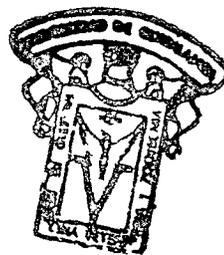
	Pag.
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	9
PROBLEMATICA DE LA REGION	11
DESCRIPCION DEL DIGESTOR	14
OBJETIVOS	28
MATERIAL Y METODOS	32
MATERIAL	33
METODOS	36
RESULTADOS	55
DISCUSION	59
CONCLUSIONES	65
SUMARIO Y RESUMEN	70
SIMBOLOS Y UNIDADES	76
COSTOS	78
BIBLIOGRAFIA	80



INSTITUTO DE
ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS

INTRODUCCION

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Problemática de la Región
- 1.3 Descripción del Digestor
 - 1.3.1 Historia
 - 1.3.2 Funcionamiento
 - 1.3.3 Usos



OFICINA DE
DIFUSION CIENTIFICA

1.- INTRODUCCION

La Industria Porcícola es una de las actividades pecua---
rias más importantes de México, la cual ha logrado diferentes nive-
les de desarrollo y tecnificación. Es así como, por un lado, tenemos
el alto porcentaje de porcicultores de traspatio donde, a nivel fa-
miliar son criados y engordados unos cuantos animales en pequeños -
terrenos de hogares rurales y semiurbanos, y por otro lado, en algu-
nas regiones de nuestro país como en el caso de los Estados de Sono-
ra, Michoacán, Jalisco, Veracruz y Guanajuato, que éstos, son de --
los más grandes en la producción porcícola.

Existen grandes concentraciones que albergan hasta - - -
20,000 animales alojados en instalaciones especializadas y altamen-
te tecnificadas como un fuerte adelanto en los sistemas de limpieza,
alimentación y confinamiento (1,12).

Datos oficiales señalan que México tiene una población --
porcícola del orden de 20 millones de animales. La mayoría de ellos
distribuidos en los Estados antes mencionados. (ver fig. Núm 1).

Estas altas concentraciones de cerdos en áreas regionales
relativas pequeñas provocan fuertes problemas ambientales que oca--
sionan una insalubridad general que incomoda y provoca diversos ---
trastornos sanitarios a los grupos humanos establecidos en las cer-

Fig. 1 POBLACION DE PORCICOLA DE MEXICO.
(ESTADOS MAS IMPORTANTES)

ESTADO	No. de CERDOS
JALISCO	2'781,383
MICHOACAN	2'107,840
VERACRUZ	1'410,850
SONORA	1'203,025

POBLACION PORCICOLA DEL PAIS 20'000,000



cañas de estas zonas, incluso en algunas ocasiones, estos factores crean descontentos sociales que eventualmente llegan a entorpecer las labores productivas de las granjas.

Este proyecto se realizó en una granja porcícola ubicada en la Piedad, Michoacán en el Km. 4.5. de la carretera La Piedad--Carapan. Con el nombre de **GRANJA EL CARMEN**. Contando con una capacidad de producción de 3,000 cerdos de tipo de engorda, siendo su propietario el Sr. Benjamín Rojas P.

El proyecto consiste en un diseño y construcción de una planta de tratamiento de los desechos orgánicos porcícolas, utilizando la tecnología de la Digestión Anaerobia (Digestor).

Esto nos trae como consecuencia el de dar la solución al problema del tratamiento y manejo de desechos orgánicos en la Granja. Y está considerado como piloto en la región de la Piedad, Mich. y en toda la República Mexicana.

Actualmente existen en la zona alrededor de 300 granjas de diversas capacidades, dimensiones y estructuras.

La población de cerdos es de aproximadamente 1.5 millones

de cabezas.

Los digestores están orientados exclusivamente al tratamiento de los desechos orgánicos de los cerdos, ya que la contaminación ambiental viene a ser el principal problema de la zona (1,2).

Sin embargo en un futuro próximo se realizará el uso de biogas para satisfacer las necesidades energéticas de la propia granja y en el uso de residuos tratados que se emplearían para abono, riego y fertilización agrícola. (2,10,14,21).

Los elementos utilizados en el sistema de tratamiento fueron básicamente de obra civil sin dispositivos mecánicos o eléctricos.

Si bien conocemos la existencia de digestores más sofisticados que permiten el tratamiento de los desechos en tiempos más cortos al que se logrará en estos reactores, también sabemos que la tecnología en este caso es más sofisticada y los montos de inversión mucho mayores. Aún así el costo logrado en las instalaciones que aquí se describen resulta mucho más atractivo que el de otras tecnologías evaluadas, lo cual, conjuntamente con la sencillez del diseño y funcionamiento, seguramente facilitarán la incorporación de la

tecnología en la zona porcícola de la Piedad, Mich. (3,5,15,16,21).

La actividad porcícola de la región de la Piedad es, sin lugar a prueba, la más importante del País, existente en este siglo tanto por el tipo de explotación, como por su mercado e industrialización la hacen la más importante en México.

Desde el punto de vista técnico, las unidades de explotación han ido evolucionando constantemente. Aunque, aún se puede observar toda una serie de granjas rústicas o semirústicas, pero también es posible apreciar un adelanto constante en la modernización de otras granjas o explotaciones porcícolas.

Aparte, se detecta un fuerte adelanto tecnológico a nivel de los sistemas de limpieza, manejo, alimentación, confinamiento y zootecnia, etc.

Pero sin embargo, la alta densidad porcícola ha ocasionado problemas ambientales que se han agravado con el tiempo, que nos va a constituir un fuerte problema local.

Como un dato local se calcula que la producción diaria -- (en el año 1985) de estiércol es en el orden de entre 3 a 4 mil to-

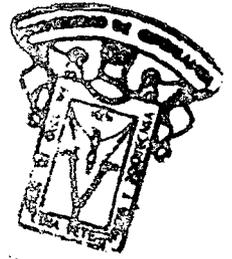


FIGURA DE
MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

neladas.

El problema ambiental tambien ha sido agravado por la disminución del gasto de agua del Rio Lerma (por la captación del agua que requieren para el abasto del Distrito Federal y así como de Jalisco y Michoacán).

Ya que en la práctica, son escasos los sistemas adecuados para el tratamiento de residuos que han sido implantados en las --- granjas y que en la actualidad estos sistemas son:

- 2 lagunas de Aereación
- algunas lagunas anaerobias

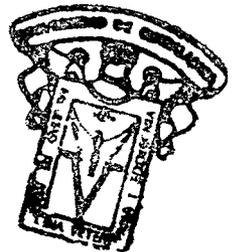
Todos estos sistemas recientemente implantados o modificados (3,6,8,16).

Esto nos ha traído como consecuencia la creación de grandes focos insalubres, dispersión a gran distancia de olores desagradables, proliferación de insectos, descomposición de las tierras, - proliferación de agentes patógenos como bacterias, parásitos, virus, (insectos como vectores).

Y por lo tanto se va a presentar un gran desequilibrio -- ecológico en esta zona debido a lo antes mencionado (6,21).

Por lo consiguiente, todos estos factores han dado como resultado plantear una alternativa para frenar el desequilibrio ecológico que poco a poco va degradando el medio ambiente, ésta permite una solución para los porcicultores de la región de la Piedad, - Michoacán.

Esta alternativa se plantea por medio del uso del Digestor como Planta Piloto para la zona y a un futuro en todo México.



OFICINA DE
DIFUSION CIENTIFICA

1.1 ANTECEDENTES

Históricamente, el problema ambiental ocasionado por las grandes -- cantidades de desechos porcícolas producidas en algunas regiones -- del país, se gestó con la instalación desordenada de las primeras -- granjas, y ha ido creciendo debido a la falta de planeación de la -- ubicación y distribución de las mismas. Así mismo, el problema creció y se fortaleció debido a la casi nula aplicación del Código Sanitario en urgencia y al desconocimiento de los detalles Técnico--- Científico para establecer una norma sanitaria regional para racionalizar y controlar las descargas orgánicas, así como para el empleo de tecnologías alternativas para el tratamiento y disposición de -- los mismos (16).

Todos estos aspectos se han agravado por la poca disposición de algunos porcicultores para intervenir en instalaciones para el tratamiento del estiércol que, en muchos casos, para ellos, son_ instalaciones improductivas según su tradicional forma de operación; sin embargo, no toman en cuenta que el hecho de disminuir la cantidad de insectos portadores de enfermedades entre los cerdos, el uso inmediato de los residuos como abonos orgánicos, la facilidad en -- las operaciones de limpieza, etc. (que son aspectos que se logran -- al instalar un sistema de tratamiento de estiércol), justifican una instalación adecuada de tratamiento capaz de amortizarse a mediano_

o largo plazo (21).

En fin tal y como se ha podido detectar, el problema ambiental de muchas de las zonas porcícolas del país es grande y requiere de soluciones bien planteadas y efectivas.

Con el fin de lograr un tratamiento eficaz y adecuado del estiércol de cerdo y estando de acuerdo con los intereses económicos y posibilidades de inversión de los granjeros, las tecnologías a aplicar deben ser sencillas, de fácil operación, eficientes, durables, de poco mantenimiento y de bajo costo.

El análisis realizado sobre la situación actual del tratamiento de los residuos en las zonas porcícolas de México hace pensar que la solución a este tipo de problemas es un conjunto de alternativas, a desarrollar en pequeña, mediana y, sobre todo gran escala, (Lagunas Aerobias, Lagunas Anaerobias, Digestores, Separadores electro-mecánicos, etc.); mismas que deberán ser capaces de adaptarse a diferentes condiciones, ya que la situación geográfica y operacional de las granjas porcícolas es muy variable (15,21).



1.2 PROBLEMATICA DE LA REGION

La problemática de la región de la Piedad, Michoacán podemos resumirla en lo siguiente:

La actividad porcícola se ha desarrollado en forma muy importante teniéndose actualmente las dos sociedades de porcicultores más grandes en México, con una población de cerdos estimada entre 1'500,000 a 1'800,000 de cabezas (2).

Ya en 1950 según datos de los mismos porcicultores, existían algunas granjas importantes en esta zona.

Considerando que la producción de estiércol de cerdo es aproximadamente de 1.5 a 2 o más kilogramos por cabeza, la producción total es aproximada de 3,000 a 4,000 toneladas diarias, y si se considera el agua de lavado de las zahurdas, la cantidad de desechos asciende a más de 6,000 toneladas diarias.

Lo increíble es la situación encontrada en la región que, en general, las granjas no disponen de un sistema de tratamiento efectivo para el control de la contaminación, por lo que la ciudad presenta, hasta varios kilómetros a la redonda, el clásico olor a cerdo, y puede observarse arroyos de estiércol que desembocan invariablemente en el Rio Lerma (2,3).

Es difícil estimar la problemática sobre la destrucción ecológica de las aguas del río y lo que repercute a las diferentes comunidades donde pasa el cauce, por ejemplo la propagación de enfermedades y parasitosis, etc.

En una reunión general en 1983 donde estuvieron presentes los porcicultores, autoridades sanitarias y representantes de instituciones tecnológicas, se abarcó el problema de la contaminación presente en la región quedando todas las partes de acuerdo en que urge tomar las medidas necesarias y en el menor tiempo posible para instalar dispositivos que permitan dar un tratamiento adecuado a los desechos producidos.

En principio se hizo alusión de dos métodos de tratamiento viables para aplicar en la zona, tratamiento aerobio (lagunas) y anaerobios (digestores) (16).

Las principales conclusiones de la reunión fueron las siguientes:

La S.S.A. reiteró su interés de hacer valer el reglamento sanitario a fin de lograr el uso de algún sistema de tratamiento para los desechos sólidos y líquidos provenientes de las granjas.

En especial se vió la necesidad de eliminar los olores -- característicos de los desechos, evitar al máximo la proliferación de moscas y mosquitos y de no arrojar los desechos al río o al menos tratarlos debidamente antes de arrojarlos para evitar la contaminación ecológica y disminuir el índice de enfermedades gastrointestinales que ocurren a diario en algunas zonas de la Piedad y sus alrededores (12,21).

1.3 DESCRIPCION DEL DIGESTOR

El digestor es de 300 mts.³ capaz de tratar los residuos de 3,000 - cerdos.

El tipo de digestor es Anaerobio y Horizontal continuo -- sin dispositivo de almacenamiento ya que el volumen de gas producido es demasiado alto como para tratar de almacenarlo (21).

La disposición horizontal y los sistemas de carga y descarga permiten por un lado una fermentación más eficaz y un mejor flujo hidráulico de la masa de la carga y de la masa fermentada de descarga (21).

A este proceso se le llama Fermentación Anaerobia y puede lograrse por un sistema herméticamente cerrado del cual se coloca adentro el material orgánico a fermentar mezclado con agua, en una proporción de 1 litro de estiércol por 1 litro de agua aproximadamente (2,21).

Está construido bajo el nivel del suelo o semienterrado y empleando materiales convencionales de la región.

Su carga y descarga se realiza por gravedad y su tamaño - deberá ser aproximadamente 25 veces mayor que el volumen de resí---

duos (sólidos y líquidos) producidos por la granja.

VOLUMEN DE MEZCLA DE RESIDUOS OBTENIDOS	X	TIEMPO DE RESIDENCIA	=	VOLUMEN REQUERIDO DEL DIGESTOR
12 mts. ³	X	25	=	300 mts. ³

Dentro del digestor se efectuará el tratamiento propiamente dicho de los residuos. Se eliminarán los malos olores, las larvas de moscas y mosquitos, los excesos de cargas orgánicas contaminantes (21).

1.3.1 HISTORIA DE LOS DIGESTORES

China fue el primer país en aprovechar esta tecnología su crecimiento fue dramático y tuvo lugar en la provincia de Schezuan en la China Central, lo que sorprende, pues también tienen los mayores pozos de gas natural del país. Para fines de 1974 la provincia tenía 100,000 técnicos básicos preparados en la construcción de digestores y tanques y estuvieron ocupados en la instalación de sistemas de metano a ritmo extraordinario.

Para fines de 1983 decía un informe que el número de nuevos digestores eran de 200% más elevado que en 1974. En un condado de Schezuan Mienyag, se dice que el 76% de la población usa metano para cocinar y alumbrar.

Anteriormente, 37 de las 46 comunidades del condado carecían de energía (Millen 1976) (5).

Para Schezuan, Smil (1976) cita que el número de digestores y tanques de fermentación ha ido evolucionando de la siguiente forma: 800 en 1972, 300.000 en 1973; 209.000 en 1974, 480.000 en 1975 y para toda China. El mismo autor (Smil 1977) informa de 4 a 3 millones de digestores en operación en el verano de 1977 (5).

En la Academia de Ciencias de Schezuan (China) demost--

ron que la digestión anaeróbica elimina el 95% de los huevecillos viables de esquistosomas (Smil 1977) (5).

En la India, el problema del estiércol del ganado es muy fuerte, por esta razón el Instituto de Investigación de Agricultura de la India, comenzaron a desarrollar una planta de biogas para el aprovechamiento de fertilizante como combustible para uso doméstico.

Actualmente en México, esta tecnología comienza a adquirir la importancia necesaria debido a la crisis energética y sobre todo al interés de las autoridades estatales y federales en atacar los problemas de contaminación (Pecuaria y Agroindustria).

Son diversas las instituciones que se han dedicado al estudio de la digestión anaeróbica, pero la mayor parte de las plantas piloto estuvieron confinadas dentro del área de los propios institutos y universidades. En general, existe muy poca bibliografía científica generada por instituciones de nuestro país.

Una de las instituciones más adelantadas en este proceso es el INIREB (Instituto Nacional de Investigaciones de Recursos Bióticos) que desde 1978 ha trabajado sobre digestión anaeróbica y poco a poco ha perfeccionado los tipos de digestores, construyendo de

pequeña escala a nivel de comunidades o granjas integradas para --- aprovechar al máximo la recirculación de la materia orgánica, evi-- tando la contaminación de arroyos, ríos y mejorando el medio ambiente ecológico (5,13).

1.3.2 FUNCIONAMIENTO

Mediante este proceso el estiércol es sometido a la acción de comunidades bacterianas depuradoras que degradan las grandes moléculas constituyentes del estiércol y las convierten en gases (CO_2 y CH_4) y biomasa activa.

El estiércol es llevado por drenaje o carretillas hacia la pileta de carga donde este se diluye y homogeniza con agua. Esta pileta tiene una compuerta que divide, para la entrada al digestor, la cual se abre hasta recolectar todos los afluentes diarios de la granja, para pasarlos posteriormente al digestor donde en un medio anaerobio ocurre la fermentación metánica, que es el proceso biológico básico que permite el tratamiento y estabilización del residuo. Una vez fermentado anaeróbicamente, el residuo pasa por un sedimentador y una fosa de estabilización después de los cuales puede ser empleado como fines agrícolas.

Durante este proceso se obtiene biogas, con 55-60% de metano que puede ser empleado como energético en diversas actividades (18,22).

El tiempo de residencia del digestor es más o menos de 30 días.

FERMENTACION ANAEROBICA.

Podríamos describir la "Digestión Anaeróbica" como el proceso de estabilización de la materia orgánica en un medio sin oxígeno, principalmente sin bacterias.

Este proceso involucra siempre a dos tipos de bacterias - que actúan simultánea y equilibradamente y que son las bacterias metanógenas y las bacterias acidificantes. El accionar específico de me ambos grupos, nos permite descubrir el proceso de fermentación anaeróbica que se presenta y el cual podemos separar en tres etapas -- (fig. 2):

- a) Licuación de la materia orgánica
- b) Formación de ácidos volátiles
- c) Formación de metano.

a) LICUACION DE LA MATERIA ORGANICA.

En la primera etapa de licuación la materia orgánica que generalmente está en un estado sólido o semisólido (en macromoléculas) asimilables. Este proceso se realiza por la segregación de enzimas producidas por ellas y a otros fenómenos, principalmente por hidró-lisis de las grandes partículas solubles en agua. La rapidez del --

proceso es directamente proporcional a la capacidad de dilución de la materia orgánica en el agua (21,22).

B) FORMACION DE ACIDOS VOLATILES.

La segunda etapa es la formación de ácidos volátiles. En esta fase, estas mismas bacterias aeróbicas producen los ácidos acético, propiónico y butírico, principalmente, de los cuales este último se presenta en menor cantidad que el primero. Estos ácidos son los que pasan a ser el alimento de las bacterias metanógenas.

Otra función de este grupo de bacterias acidificantes, es la de eliminar oxígeno del medio (interior del digestor), condición esencial para la vida de las bacterias metanógenas que son anaeróbicas (21,22).

C) FORMACION DEL METANO.

La tercera etapa o de formación de metano se caracteriza por la entrada en acción de las bacterias metanógenas las que, alimentándose de los desechos de las bacterias acidificantes, fabrican gases (entre ellos el metano) de ahí la denominación de biogas.

Es importante hacer notar la extrema interdependencia que existe entre ambos grupos de bacterias, pues mientras los product-

res de ácidos suprimen el oxígeno y producen alimento que permiten la vida de las bacterias metanógenas, éstas últimas eliminan los desechos y evitan que el medio se vuelva muy ácido e impiden así la supervivencia del primer grupo de bacterias. La producción de metano solo es posible si existe un equilibrio entre estas dos poblaciones (fig. 3) (21,22).

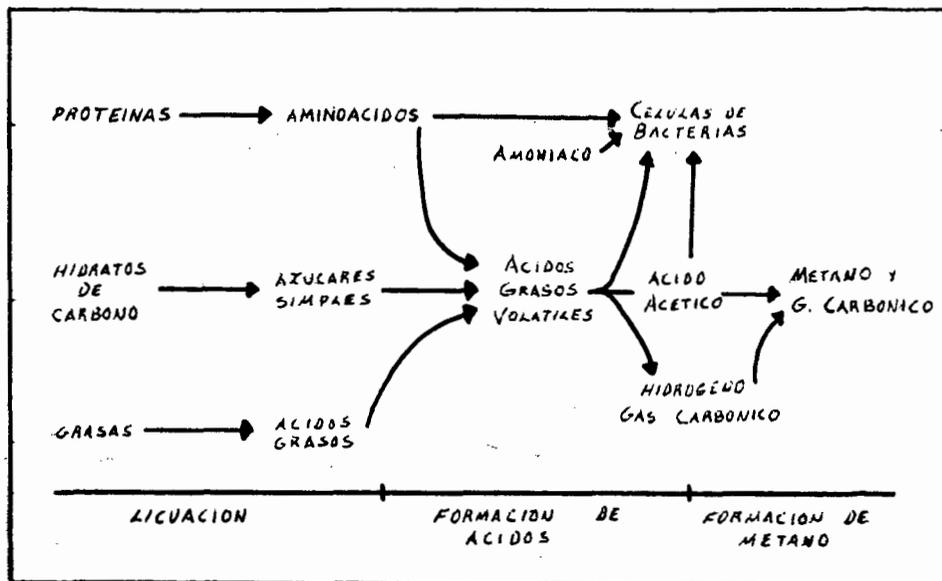


FIGURA- 2. ETAPAS DE LA FERMENTACION

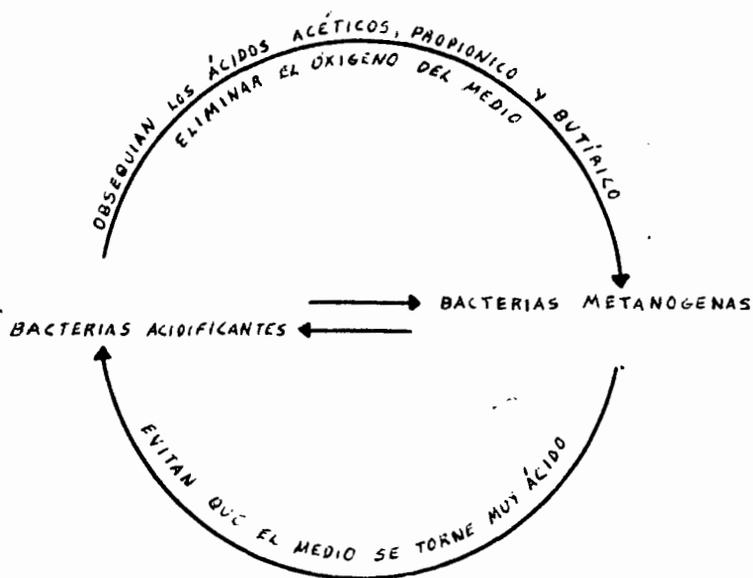


FIGURA.- 3. PRINCIPALES GRUPOS DE BACTERIAS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE FERMENTACION ANAEROBICA

CARACTERISTICAS DEL BIOGAS.

El biogas, como hemos dicho, es la mezcla de gases que se produce durante la fermentación anaeróbica y está compuesto por metano, hidrógeno, nitrógeno, bióxido de carbono, monóxido de carbono oxígeno y trazas de ácido sulfhídrico; de ellos el metano se presenta en una concentración que va desde un 55 a 70% (tabla 1).

Lo ideal sería obtener un gas carente de CO_2 y H_2S , pero con una concentración de metano cercana al 70% que esta concentración nos daría un poder calorífico aproximado de 5780-6230 Kcal/mts.³, a manera de referencia se da el poder calorífico del gas natural que es de 8900 Kcal/mts.³. El peso de metano licuado es de 350 g/l.

TABLA 1
COMPOSICION QUIMICA DE BIOGAS

METANO.....	CH_4	70	%
ANHIDRIDO CARBONICO.....	CO_2	27	%
NITROGENO.....	N_2	0.5	%
HIDROGENO.....	H_2	1	%
MONOXIDO DE CARBONO.....	CO	0.1	%
OXIGENO.....	O_2	0.1	%
ACIDO SULFHIDRICO.....	H_2S	Trazas	

tomado de Fry, L.J. 1973.

1.3.3 USOS

El uso del digestor tiene varios fines que se pueden utilizar para los siguientes casos:

- a) Para el tratamiento de estiércol
- b) Para abono y fertilizante
- c) Riego agrícola
- d) Reciclaje alimenticio
- e) Utilización de biogas.

DETALLANDOSE COMO SIGUE:

a) Para el tratamiento del estiércol.- Básicamente este punto es el de mayor importancia en el proyecto porque como ya anteriormente habíamos mencionado, para tratar el desecho orgánico del cerdo, para evitar la proliferación de agentes patógenos, etc.

b) Uso para el abono y fertilizante.- De acuerdo al buen porcentaje que se obtiene del estiércol ya procesado de Potasio, -- Fósforo, Nitrógeno y Sodio que resulta en una buena cantidad aceptable para su utilización como abono y fertilizante. Con el método de tratamiento de desechos orgánicos (digestor) nos permite conservar en su mayor parte los nutrientes ya que el método aerobio nos produce la pérdida de la mayor parte de Nitrógeno.

c) Riego Agrícola.- El agua o estiércol semilíquido se -- puede usar para fines agrícolas llevando un valor de fertilizante - adicional.

d) Reciclaje Alimenticio.- El excremento ya tratado en el digestor, se puede utilizar como reciclaje para la alimentación de ganado vacuno, porcícola u oviceprino.

e) Utilización del Biogas.- La utilización del biogas para fines agropecuarios son los siguientes:

- Para cocinar. La producción de gas metano nos sirve para una parrilla con un surtidor bien ajustado que nos dá una flama azul, exenta de humo, que no ensucia los trastos o utensilios y alcanza temperaturas de 800-850° C. Para poder prolongar el período de cocinar se le puede agregar un 30% de aire al gas.

- Iluminación.- Una lámpara que normalmente utiliza gas butano puede ser adaptada a biogas y dar un buen rendimiento. La luz que produce este tipo de lámparas adaptadas es de menor intensidad y brillantez, sin embargo, es una iluminación aceptable.

Calor. La obtención de calor, se puede hacer directamente a partir de una forma de biogas incandescente (3,4,11,12,21).

OBJETIVOS

2.1 Objetivo Principal del Proyecto



2.1 Objetivos Principales del Proyecto

Estos objetivos consisten en:

De la realización del desarrollo tecnológico de una planta piloto.

Esta planta consiste en un sistema de manejo de los desechos orgánicos de los cerdos. Por medio de la utilización de un digestor de fermentación anaeróbica para el procesamiento de los desechos.

Dicha tecnología pretende contribuir a la disminución o eliminación de las descargas de desechos contaminantes que actualmente son descargados y desembocan en el Río Lerma, que producen malos olores y generación de moscas que viene a hacer el signo característico de la zona porcicultora de la Piedad Michoacán (5,8).

Y por otro lado la utilización de los residuos sólidos obtenidos después del proceso, para fines agrícolas. Utilizando elementos de construcción de obra civil y equipo de bombeo y aspersión conocidos en la zona, de tal manera, que se facilite más la construcción del sistema de riego y fertilización como las labores de mantenimiento posteriores (2,12).

En el sistema propuesto se utilizará un digestor desarrollado y adaptado a las condiciones climatológicas de México, de la

zona de La Piedad Michoacán. Además se pretende que con estos métodos los granjeros cumplan las disposiciones establecidas por la S.S.A. para el manejo de sus desechos.

Aparte, además, se pretende que esta tecnología del uso del digestor se utilice para los siguientes fines:

- Realmente controle la contaminación
- Prácticamente eliminar las descargas orgánicas del Río Lerma.
- Utilizar un mínimo de energía eléctrica
- Permitir la recirculación para la utilización del estiércol.
- Requerir un mínimo de inversión para no reducir nuestra competitividad en el mercado.
- Contribuir para el aprovechamiento de estiércol para fines de fertilizante agrícola.
- Además para adiestrarse en el empleo de la tecnología de fermentaciones para procesos ganaderos

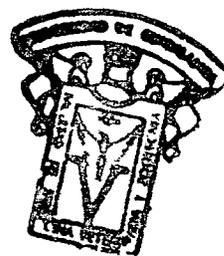
Además como fin de sentar las bases para difundir el uso de la tecnología en la zona a fin de contribuir a la solución del problema ambiental local, y tomando en cuenta que además nos servi-

rá como muestra piloto para el desarrollo del tratamiento del es---
tiércol mediante el uso del digestor en toda la República Mexicana_
(1,2,3,10,17).

MATERIAL Y METODOS

3.1 Material

3.2 Métodos



OFICINA DE
ESTUDIOS CIENTÍFICOS

3.1 Material

El material que se utilizó en este proyecto son los siguientes, los cuales son de tres tipos:

a) Diseño.- Se hizo de acuerdo a la capacidad de explotación de la granja, de tipo Arquitectónico (Planos).

El tipo de digestor que se empleó es un digestor horizontal continuo con gasómetro no integrado (la construcción de éste - será efectuado en una segunda etapa). tambien llamado Pistón, Plug-Flow o de desplazamiento sin dispositivo de almacenamiento.

Como parte complementaria tiene sus rampas para la pileta de carga y contiene tambien la pileta de descarga, así como el digestor como su registro para el acceso de personas y además cuenta con sus tubos de salida de gas.

Ya que el volúmen de gas a producir es demasiado alto como para tratar de almacenarlo, se propone que el gas producido sea utilizado al momento de su salida. En un futuro cercano lo conveniente será hacer un proyecto de desarrollo tecnológico para el uso del biogas en el que se involucre un diseño de equipo y uso de gas para secado del estiércol, alfalfa, granos, etc. como anteriormente se describió.

Aparte, la disposición horizontal del digestor, los sistemas de carga y descarga, permiten por un lado una fermentación más -

eficaz y su mejor flujo hidráulico de la masa de la carga y de la masa fermentada de descarga. (fig. 8 y 9)

b) Construcción.- La forma de construcción se hizo semienterrado y se emplearon materiales convencionales originarios de la región.

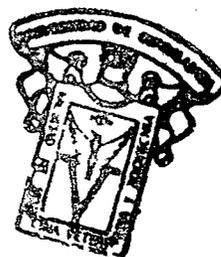
La carga y descarga se realiza por gravedad y por vasos comunicantes. (fig. 8,9, y 10).

Los materiales de construcción son:

- Máquina de excavación (Komatsu D-455)
- Camiones. Unidades de volteo para acarreo de material como la grava, arena y mampostería, etc. y unidades de transporte de varillas, cemento, cal, ladrillo, tubos, etc.
- Personal de mano de obra
- Ladrillos
- Varilla
- Cemento, cal, arena y grava
- Tubos de concreto de 8 pulgadas para entrada y salida del producto
- Desechos orgánicos de cerdo
- Agua

c) Operación.- Se llevó a cabo con estiércol de cerdo previamente fermentado (inoculador), que se recolectó de una laguna cercana en condiciones anaeróbicas.

Al digestor se le depositó el inóculo obtenido hasta la mitad de su capacidad para avanzar en la degradación de la fermentación y que posteriormente se llenó con la carga periódica del estiércol fresco de la granja.



OFICINA DE
CONFUSION CIENTIFICA

3.2 Métodos

Descripción de la planta del tratamiento de desechos.

A este proceso se le llama "Fermentación Anaerobia". Fue de lograrse en un sistema herméticamente cerrado dentro del cual se coloca el material orgánico a fermentar a una proporción de la mezcla del agua de un litro de estiércol por uno a dos litros de agua.

Al ocurrir la fermentación en la ausencia de aire, existe un proceso de liberación de metales, dióxido de carbono, trazas de hidrógeno, nitrógeno, monóxido de carbono y ácido sulfhídrico, de los cuales el metano se presenta en una proporción que va desde un 55 a 70%.

Esta concentración del metano permite que el biogas que se desprende sea sumamente eficiente si se emplea como combustible (2,6,7,9,10,19).

Por otro lado, los residuos de fermentación contienen Am_onio, Fósforo, Potasio, Calcio, etc. lo cual los hace susceptibles de ser utilizados como un excelente fertilizante que puede ser aplicado en fresco.

Pero un gran porcentaje de más o menos 50% de las cargas orgánicas contaminantes, sólidos, volátiles, contenidos en los resi

duos pueden ser eliminados mediante la bioconversión a gases inofensivos y biomasa activa (4,21).

Actualmente en México existen explotaciones porcinas y establos de bovinos donde se han utilizado desde hace muchos años --- "Fosas de Digestión Anaerobia". En una forma empírica ya que la fermentación se presenta en forma natural (1,21).

Por consiguiente, prácticamente en todo tipo de explotaciones pecuarias el problema de estiércol tiene que resolverse considerando los siguientes aspectos:

- a) Manejo físico del producto desde su recolección hasta su disposición final.
- b) tratamiento o procesamiento
- c) Usos de los desechos.

(estos incisos se describirán a continuación).

Dado que el estiércol es un producto de bajo valor por unidad de volúmen, la solución se buscó en el proyecto de baja inversión y con un bajo costo de operación de los sistemas, como por ejemplo la planta de tratamiento (digestor) que sería piloto de la zona porcicultora de la Piedad, Michoacán (1,2,15).

Las granjas porcícolas al igual que otras granjas pecuarias generan desechos contaminantes productores de malos olores, moscas, elementos patógenos para el hombre y de cargas de agua residuales que contaminan ríos, arroyos y mantos freáticos, si no se manejan en una forma adecuada (6).

La digestión anaerobia es un método biológico de procesamiento de los desechos, que el estiércol de cerdo puede reducir los sólidos totales en 36% y la concentración de ácidos grasos volátiles en un 93%.

Las reacciones del nitrógeno a lo largo del proceso permanece invariables (2,3,8,14,15).

Por otro lado, en las instalaciones de tratamiento anaerobio se produce el biogas los rendimientos que se pueden esperar en esta planta de biogas son del orden de $0.25-0.40 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \times \text{Kg}^{-1} \text{ VSo.}$ (sólidos volátiles en el sustrato) a un tiempo de 20 a 25 días. El biogas tiene entre un 60 y 75% de metano a temperaturas controladas se puede considerar un 70% y a temperaturas oscilantes en un 63% -- será considerado un valor típico (6,15,19).

Desde el punto de vista de la eliminación de los olores -

en el estiércol de los porcinos, la digestión anaerobia es sumamente efectiva el efluente tratado carece casi totalmente de olores de agradables pues durante el proceso se eliminan los principales compuestos químicos que provocan olores y éstos son: P-cresoles, indoles, ácido sulfúrico, etc. (8,20).

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

3.2.1 Descripción de la Granja

La granja del Carmen es propiedad del Sr. Benjamín Rojas Peña, está localizada en la carretera La Piedad-Carañan en el Km: 4.5. La capacidad de esta granja es para 3,000 animales de engorda.

En los alrededores de la granja el propietario posee varias hectáreas de terrenos agrícolas de riego donde básicamente se siembra alfalfa y sorgo.

La fuente de agua para riego y para las necesidades de la granja como en la mayoría de los casos proviene de un pozo profundo.

3.2.2 Método actual de aseo de la granja y destino de los residuos producidos.

La limpieza de la granja se efectúa por medio de un paleo previo de

la parte sólida de los residuos, posteriormente, los pisos son terminados de lavar con agua. Los residuos llegan por el drenaje a la piletta de carga para posteriormente pasar a un tratamiento en el digestor.

Los residuos sólidos se separan de las fosas y son desecados por acción del sol y la fracción líquida es empleada como fertilizante.

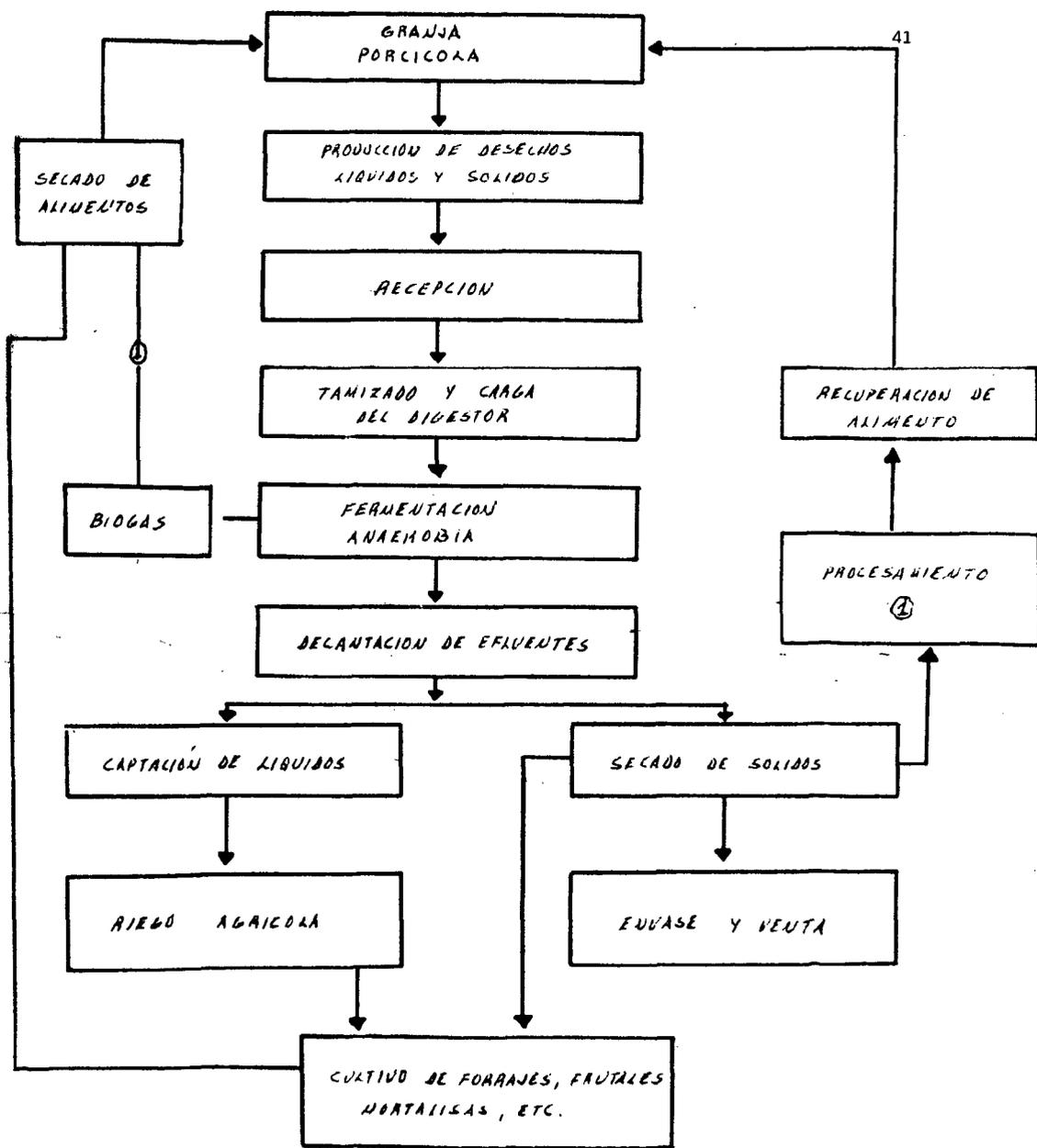
Una vez que los sólidos han sido desecados éstos son transportados al campo agrícola para ser empleados como mejoramiento del suelo y fertilizantes.

3.2.3 Plan General de la Planta de Tratamiento y Diagrama de flujo

El las figuras adjuntas (fig. 4.5.6) se muestra la vista general de la planta de tratamiento así como los diagramas de flujo propuestos para el sistema de manejo y procesamiento de esta granja de 3,000 cerdos.

Cada una de las partes constituyentes de la planta de tratamiento será explicada enseguida.

FIGURA 4.- DIAGRAMA DEL FLUJO DEL SISTEMA DE MANEJO Y PROCESAMIENTO ANAEROBIO DE DESECHOS EN GRANJA PORCICOLA DE LA PIEDRA MICHOACAN



① FUTUROS PROYECTOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO.

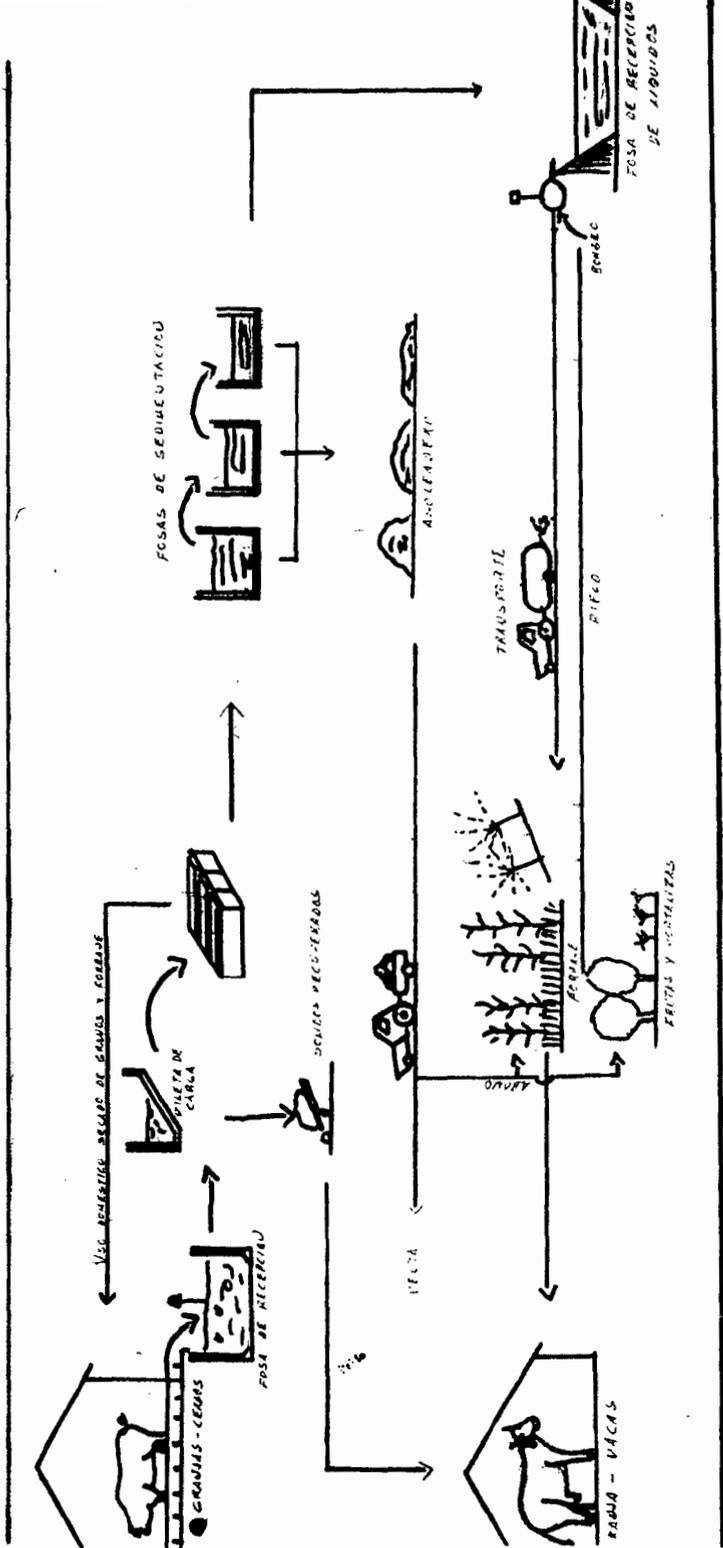


FIG. 5 ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE MANEJO Y PROCESAMIENTO DE RESIDUOS EN GRANJAS PASTORILES.



- 1- FOSA DE RECEPTOS
- 2- PILETA DE CANGA
- 3- DIGESTOR
- 4- SEDIMENTADORES
- 5- FOSA DE RECEPTO DE LIXIVIA
- 6- ESTANQUE DE SED. VENTOS
- 7- CAMPO AGRICOLA
- 8- CAMPO AGRICOLA
- 9- RECUPERACION DE SODIUMS

3.2.4 Descripción del Proceso

El tipo de limpieza empleado en la granja es de paleo, complementando con un posterior arrastre con manguera (al chorro de agua).

El residuo sólido recogido es transportado por medio de carretillas, el estiércol es de consistencia semisólida con un porcentaje de humedad del orden de 80 a 90%. El residuo semisólido será así llevado a la pileta de carga, a la cual se llevará por medio de una rampa elevada. La fracción líquida será canalizada directamente a la fosa de recepción de líquidos o hacia uno de los sedimentadores, así que aún queda un excedente considerable de granos o sedimentos diversos. De acuerdo a la dilución de estiércol son las construcciones que nos va a dar (fig.7).

PILETA DE CARGA.- El estiércol transportado en carretilla será llevado a la pileta de carga donde será diluido y mezclado con agua para que el digestor trabaje a una carga volúmica entre 3-5 gr VS x 1ml^{-1} xd.

Los fragmentos de granos y granos enteros recuperables enteros, más densos que el agua, se sedimentarán en el fondo inclinado de esta pileta (4).

El resto de la mezcla es introducido a la cámara de fermentación del digestor. Los granos recuperables de esta forma serán extraídos del fondo de la pileta y podrán formar parte de la dieta

de bovinos (con previo tratamiento).

El volúmen de la pileta de carga debe ser ligeramente mayor al volúmen de los residuos sólidos y líquidos producidos de tal manera que eviten derramamientos.

La carga de esta pileta hacia la cámara de fermentación - deberá realizarse por gravedad (16).

DIGESTOR.- El tipo de digestor es horizontal continuo --- (pistón, plug-flow, o de desplazamiento).

Está construido bajo el nivel del suelo o semienterrado. Su carga y descarga deberá de realizarse por gravedad y su tamaño - deberá ser aproximadamente 25 veces mayor que el volúmen de resi--- duos (sólidos y líquidos) producidos por la granja.

Dentro del digestor se efectuará el tratamiento del es--- tiércol anteriormente descrito, se eliminarán los olores y los exce_ sos de carga orgánica contaminantes. Como subproducto se obtiene bi_ gas que se puede emplear como calefacción de zahurdas, en la prepa- ración de alimento (deshidratación de alfafa, por ejemplo), esterili- zación de los sólidos residuales de estiércol que serán empleados como complemento alimenticio en quemadores, o bien en motores de --

combustión interna (quemadores y electricidad) (18,21).

FOSAS DE SEDIMENTACION.- Estas fosas de sedimentación tienen como función separar los lodos fermentados de la fracción líquida. Los sedimentadores son de 2 a 3 excavados sin ningún tipo de recubrimiento. Las dimensiones deben ser de 3,2,1 veces mayor respectivamente que el volumen de la mezcla estiércol-agua con la que se carga el digestor.

Al final del tercer sedimentador los efluentes serán casi líquidos. Los lodos sedimentados serán secados eventualmente, reutilizados en los campos agrícolas o como complementos alimenticios para otros animales (?).

FOSAS DE RECEPCION DE LIQUIDOS.- Es igualmente a una fosa abierta en el suelo sin ningún tipo de recubrimiento.

Se determinó que en la zona no había ningún problema al hacer las fosas sin recubrimiento, pues los mantos freáticos están a 60 mts de profundidad; tiene como función almacenar los líquidos producidos a lo largo del proceso.

El volumen deberá estar dimensionado según las aplicacio-

nes que se le dé al líquido. Por ejemplo, si se riegan los terrenos agrícolas cada 30 días deberá tener un volumen mínimo de 30 veces - más grande que el volumen de líquidos producidos diariamente por la granja.

En general, se recomendó hacer las fosas para el almacenamiento de líquidos entre 15 y 30 días. Estos líquidos deben remplazarse para el lavado de las zahurdas y para la fertilización de --- terrenos agrícolas por bombeo o gravedad (2).

3.2.5 Puesto en marcha, operación y evaluación de la planta de tratamiento.

El cálculo del digestor se hizo en base a la cantidad de los residuos que producirán los 3,000 cerdos de la Granja.

La cámara de fermentación será de 25 veces mayor que el - volumen de la mezcla aproximada de estiércol-agua que se piensa producir, será de 12,000 litros (Kg) que multiplicados por 25 días --- (tiempo de residencia) nos dió el volumen necesario del digestor para tratar estos desechos, es decir, 300mts.³ (21).

$$\begin{array}{rclcl} \text{Volúmen de mezcla de} & \times & \text{Tiempo de residen} & = & \text{Volúmen requerido} \\ \text{residuos obtenidos} & & \text{cia.} & & \text{del digestor.} \\ \\ 12 \text{ m}^3 & \times & 25 \text{ días} & = & 300 \text{ mts.}^3 \end{array}$$

NOTA:

Cabe aclarar que este volúmen está calculado en base a la máxima -- producción de residuos que podrían producirse en la granja.

El digestor puede ser llevado progresivamente hasta lo---
grar la producción de gases. Una vez que se detecte la producción -
de biogas combustible, se tomará como iniciado el proceso biológico
de tratamiento.

3.2.6 Condiciones de Operación

Una vez lanzado el digestor se procedió a hacerlo funcionar. En un_
principio a una carga volúmica de más o menos de $3 \text{ gVSoxl m}^{-1} \text{ x d}^{-1}$ --
con unas posibilidades se aumentó de $5 \text{ gVSoxl m}^{-1} \text{ x d}^{-1}$.

La cantidad de agua-estiércol que se toma como óptima pa-
ra cada condición de digestión está dada por la reacción siguiente:

$$\frac{1000}{\text{gVS} \times \text{Kg-L}} \times \text{Bv} \times \text{m}^3 \text{ ML}^{-1} \text{ x d}^{-1}$$

KgVSo=	Sólidos volátiles en el sustrato
Bv =	Carga volúmica
M ³ ML-1 =	Volúmen útil del digestor
d-1 =	D i a .

En resumen las condiciones de digestión para su evaluación serán las siguientes:

t = 25 días

B_v = $3 \text{ GVS}_0 \times 1 \text{ ML}^{-1} \times \text{d}^{-1}$

t = Variable

CONSTRUCCION.- Se hizo de acuerdo a la explotación, de la cantidad_ de cerdos existentes en la granja siendo ésta de 3,000 animales que nos producirán la cantidad de 6,000 toneladas de estiércol. Y se -- ocupó un digestor de 300 mts.³ de capacidad.

PROGRAMACION DE LA OBRA

1. Ingenieria del Proyecto
 - 1.1 Levantamiento de datos
 - 1.2 Diseño y Cálculo
 - 1.3 Elaboración de planos
2. Desarrollo de la obra
 - 2.1 Contratación de Personal
 - 2.2 Instalaciones provisionales
 - 2.3 Limpieza del Terreno
 - 2.4 Trazo y excavación (a mano)
 - 2.5 Excavación y consolidación (maquinaria)
 - 2.6 Consolidación (a mano)
 - 2.7 Plantilla de concreto pobre
 - 2.8 Plantilla de concreto armado.
 - 2.9 Dalas de concreto armado
 - 2.10 Castillo de concreto armado

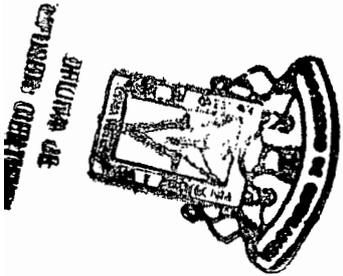
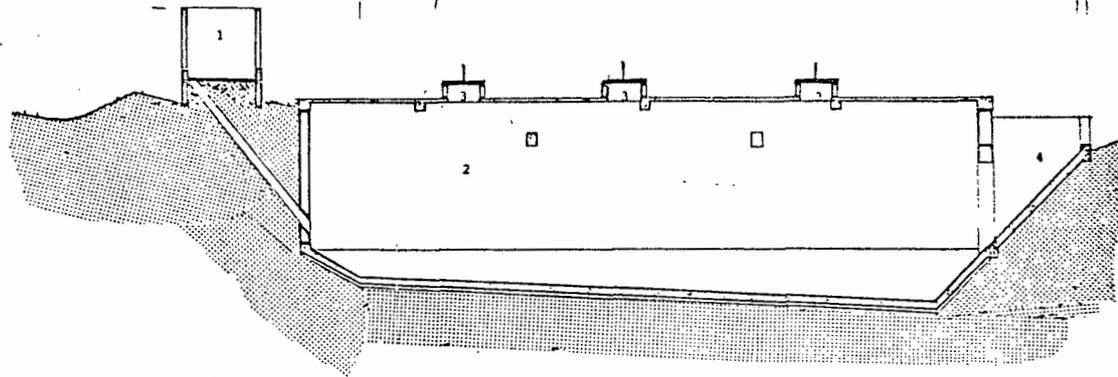
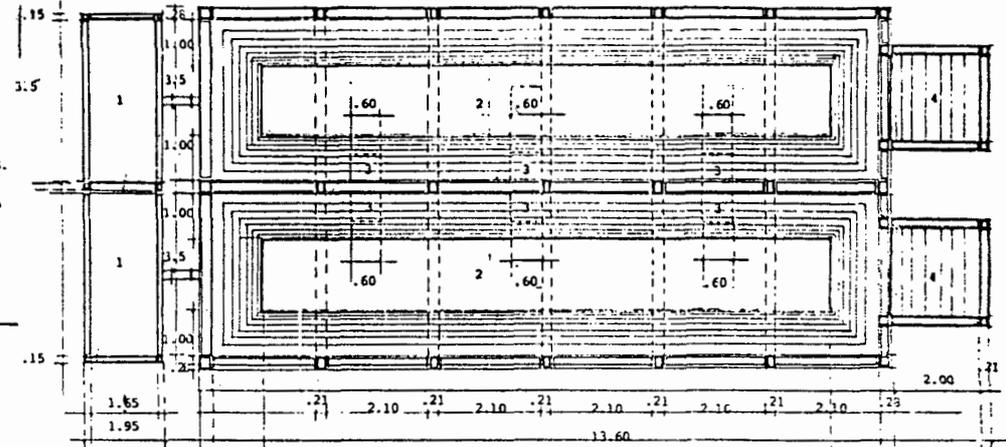
- 2.11 Muros de tabique
- 2.12 Dalas de cerramiento
- 2.13 Impermeabilizado
- 2.14 Aplanados de Cemento (pulido)
- 2.15 Instalación de ductos
- 2.16 Cubiertas de concreto
- 2.17 Hechura de registro
- 2.18 Detalle de albañilería
- 2.19 Limpieza general de la obra
- 3. Procuración
 - 3.1 Compra de materiales
- 4. Puesto en marcha
- 5. Funcionamiento
- 6. Control Técnico.

NOTA:

ver figuras 8,9,10.

PROGRAMA: DESARROLLO TECNOLÓGICO
 PROYECTO: MANEJO, TRATAMIENTO Y USO DE DESECHOS.
 PROYECTO ESPECÍFICO: PLANTA DE TRATAMIENTO PARA DESECHOS PARTICULADOS.
 CAPACIDAD: 3000 corderos
 LOCALIZACIÓN: LA PIEDRA, MICHOACÁN.

- 1 PILETA DE CARGA
- 2 CAMARA DE FERMENTACION
- 3 REGISTRO (SALIDA DE BIOGAS)
- 4 PILETA DE DESCARGA

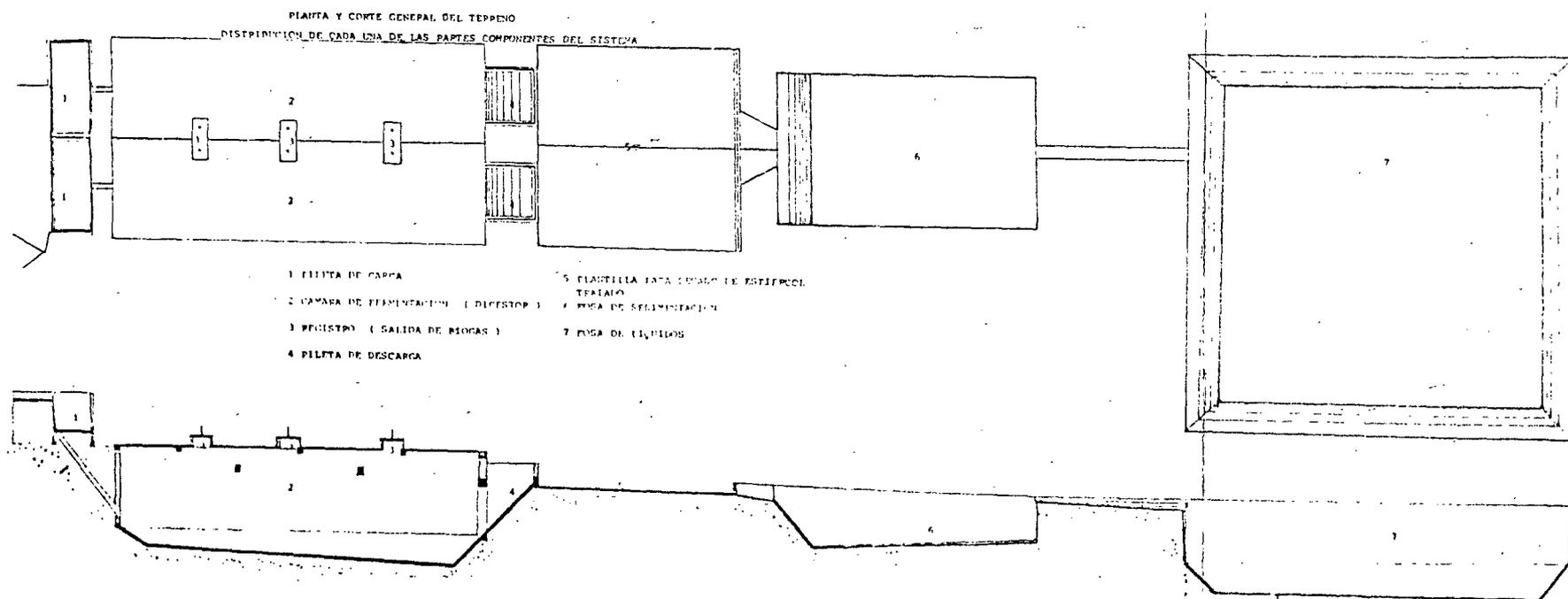


PLANTA ARQUITECTONICA Y CORTE LONGITUDINAL DEL DIGESTOR 25

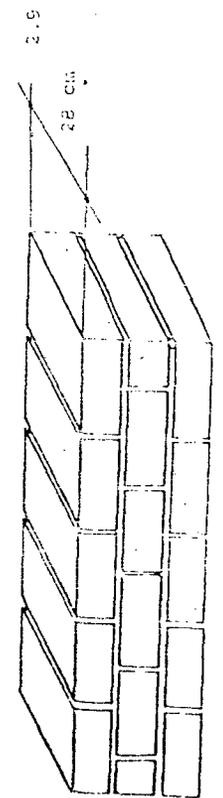
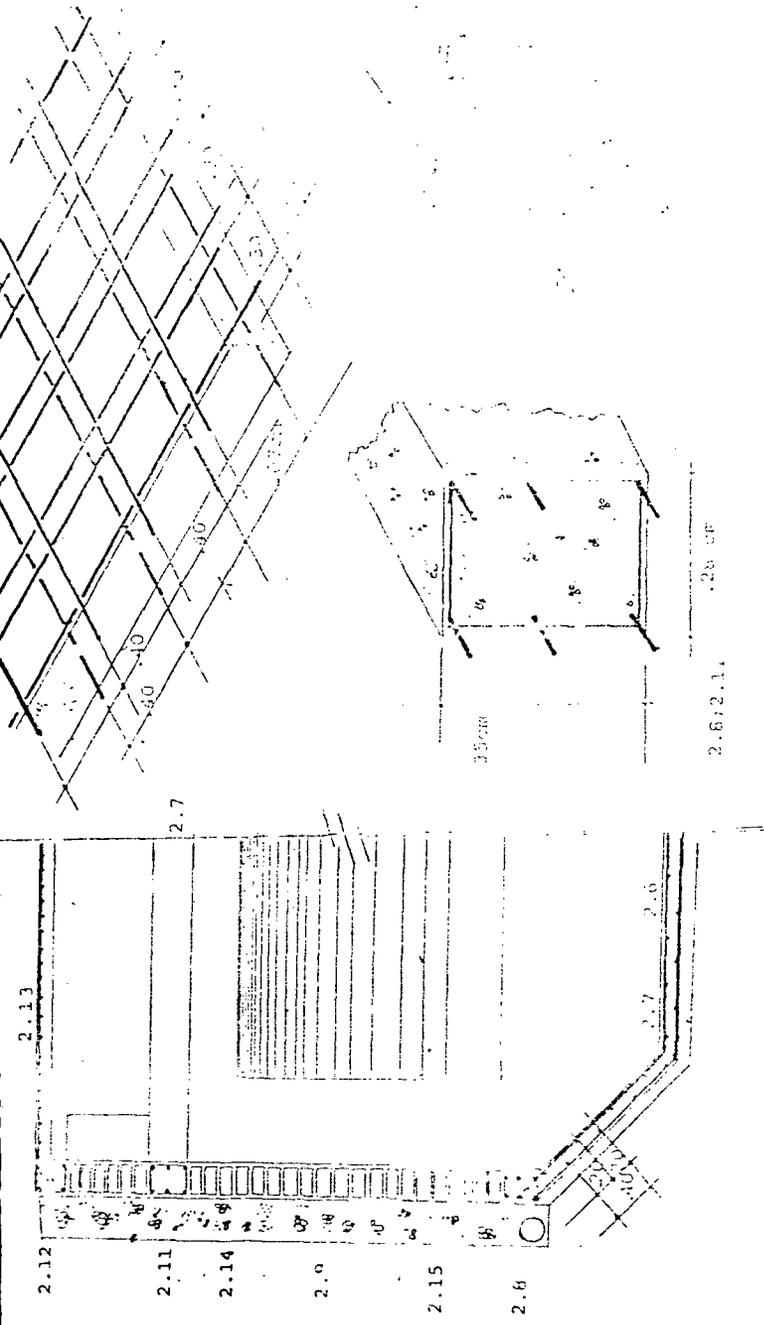
FIGURA # 8.

PROGRAMA: DESARROLLO TECNOLÓGICO
 PROYECTO: MANEJO TRATAMIENTO Y USO DE DESECHOS
 PROYECTO: PLANTA PILOTO PARA TRATAMIENTO DE DESECHOS PORCICOLAS

CAPACIDAD: 3000 cerdos

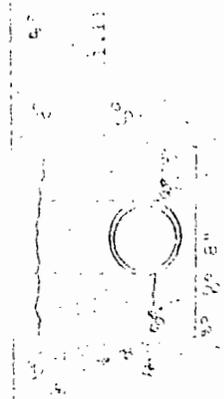
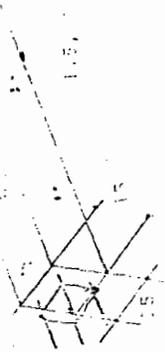
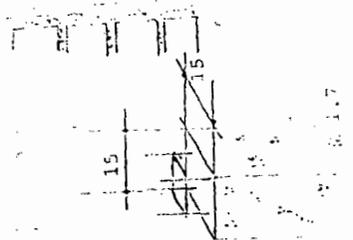
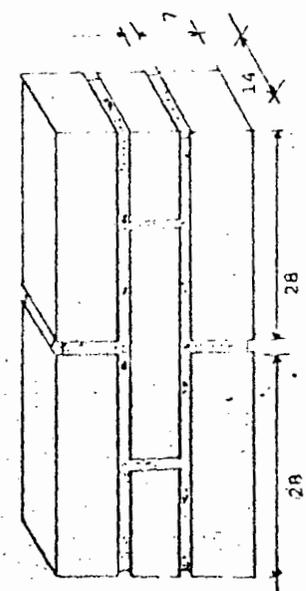
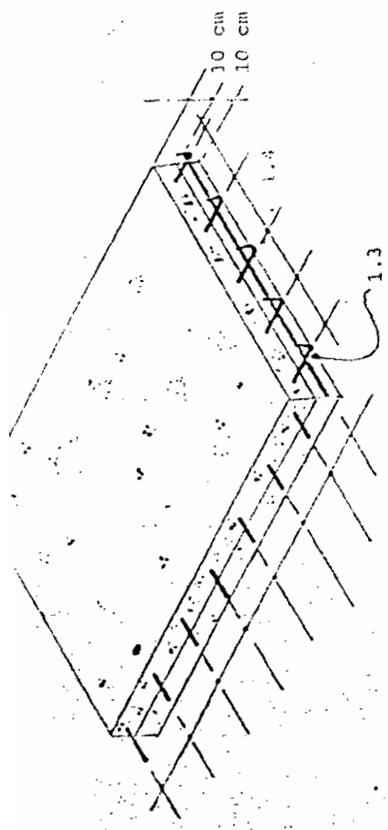


PLANTA Y CORTE GENERAL DEL TERRENO
 DISTRIBUCION DE CADA UNA DE LAS PARTES COMPONENTES DEL SISTEMA



2.0
2.1
2.2
2.3
2.4
2.5
2.6
2.7
2.8
2.9
3.0

FIGURA- 10



ESPECIFICACIONES
ESTRUCTURALES (2)

RESULTADOS

4



OFICINA DE
DEFINICIÓN DE POLÍTICAS

Los resultados de este proyecto tecnológico son los siguientes:

Mediante este proceso de digestión anaerobia (digestor).

El estiércol es sometido a la acción de comunidades bacterianas depuradas que nos degradan las grandes moléculas constituyentes del estiércol y las convierten principalmente en gases, bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y biomasa activa.

Otro resultado es que el método biológico de tratamiento es más económico requiere menos mantenimiento y no consume energía, son igual o mas eficaces que los métodos físico-químico, además la legislación sanitaria que nos regula las descargas o las aguas naturales es clara y estricta. Y con este proceso son eliminados o casi eliminados los agentes patógenos. Aparte de usar los residuos líquidos para el riego agrícola y limpieza de la granja los residuos sólidos para el reciclaje alimenticio y como fertilizante.

El costo de la inversión del digestor es benéfico porque se hace a largo y mediano plazo.

En otro punto nos dieron los resultados siguientes:

Estos resultados son comparados con los parámetros estadísticos de otras experiencias en digestores (21).

PARAMETRO	RESULTADO	
pH	7	7.8
Alcalinidad (gx l^{-1}).....	60	120
CaCO_3 (gx l^{-1}).....	2.5.....	6.0
NH_4^+ (gx l^{-1}).....	1	1.5
NTK (gx Kg^{-1}).....	1.5.....	2.0
SV (gx l ML^{-1}).....	500	3,500
VE ($\text{gas x ml}^{-1} \text{xd}^{-1}$).....	0.3.....	0.5
VCH_4 ($\text{CH}_4 \text{x ml}^{-1} \text{xd}^{-1}$).....	0.2.....	0.3
Yec ($\text{CH}_4 \text{ xg VSo}^{-1}$).....	0.10.....	0.13
CH_4 (%).....	55	60

El resultado de la composición química del estiércol procesado mediante el sistema biológico anaerobio (digestor) para abono son los siguientes:

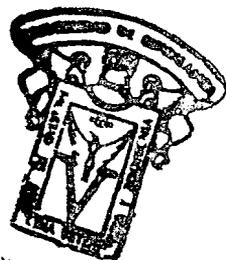
Nitrógeno	3.80%	
Fósforo	2.00%	Este es el valor del 100% del total.
Potasio	6.40%	

A continuación se muestra en la siguiente tabla los parámetros del resultado del funcionamiento del digestor:

% de sólidos de estiércol fresco	16%
% de sólidos óptimos para el digester	70%
Producción de gas/Kg. de estiércol húmedo	23.5lts.
Producción de gas/Kg. de estiércol seco	146.7lts.
Tiempo de residencia	30 días
Días de máxima producción de gas	entre el 3er al 25avo
Porcentaje de rendimiento hasta el 25avo. día	87.95

DISCUSSION

5



OFICINA DE
REUNION CIENTIFICA

5. DISCUSION

El análisis realizado sobre la situación actual del tratamiento de los residuos de la zona porcícola de la Piedad Michoacán ha hecho pensar que la solución a este tipo de problemas es un conjunto de alternativas a desarrollar en pequeña, mediana, sobre todo a gran escala el proyecto tecnológico de Digestión Anaerobia (planta piloto del digestor).

Con el fin de lograr un tratamiento eficaz y adecuado del estiércol del cerdo la tecnología a aplicar es la descrita anteriormente, de fácil operación, eficiente, durables, de poco mantenimiento y bajo costo.

Por lo tanto, para el manejo del estiércol se usan tecnologías muy precarias, diseñadas y construidas en la mayoría de los casos en forma empírica y en ocasiones instaladas para resolver las necesidades básicas de desalojo de los desechos o bien para cumplir con un mínimo de los requisitos establecidos por la Legislación y Reglamentación Sanitaria de la Región.

Recientemente las autoridades Sanitarias y Municipales están haciendo serios esfuerzos para establecer normas y reglamentaciones que permitan una solución real a estos problemas. Parte muy importante de esta solución es la alternativa tecnológica que se --

propone.

En general, ésta es una alternativa tecnológica más viable que en la zona de La Piedad Michoacán podrían utilizarse para el tratamiento, disposición y reutilización de los residuos orgánicos porcícolas.

Por otra parte según se ha podido detectar, los factores que determinan el empleo de tal o cual tecnología son muy variados y de diferente naturaleza; por lo tanto siempre será necesario no perder de vista el objetivo básico que debemos cumplir cuando nos enfrentamos a un problema ambiental ocasionado por residuos porcícolas, proponer un tratamiento adecuado que permita su posterior manejo y reutilización.

La falta de decisión por parte de los empresarios o de Autoridades locales o regionales sanitarias no debe ser motivo para el retraso de la implantación en otras granjas o zonas porcícolas en México del tratamiento del estiércol, lo cual, como ha ocurrido en ciertos lugares, crea un fuerte problema ambiental regional.

Es importante señalar que en el transcurso del presente

estudio se ha remarcado la importancia de promover la reutilización de los efluentes tratados, en realidad ésta es la única alternativa viable para deshacerse de los residuos tratados, ya que las cantidades producidas de éstos pueden ser considerables. En sus descargas a las aguas naturales (ríos, arroyos, etc.) deben ser prohibidas, pues, en general, no pueden cumplir con las normas mínimas sanitarias para poder ser enviadas al medio acuático.

La ventaja del digestor son las siguientes:

- Bajos costos
- Fácil manejo
- No requiere equipo electromecánico
- Prácticamente no requiere gasto de mantenimiento
- No consume electricidad
- Produce energía adicional en forma de Biogas
- Permite el reuso del estiércol para actividades agropecuarias
- Eficiente como proceso del tratamiento de estiércol porcino.
- Inversión amortizable por uso del biogas
- No hay pérdida de nutrientes
- Puede construirse en zonas periféricas o zonas urbanas

pues elimina el proceso de olores por ser herméticamente cerrado

Las desventajas son:

- Aunque baja requiere inversión inicial
- Los accesorios de equipo para uso del biogas requiere de inversión adicional.
- Requiere estar cercano a campos agrícolas para uso de los efluentes o en su caso hacer inversiones adicionales para bombeo y transporte del residuo.

El uso del digestor es apropiado de acuerdo con las tecnologías que hasta en este tiempo hay en la zona que son las lagunas aerobias.

Ventajas de la lagunas aerobias:

- Fácil manejo
- Permite la reutilización de líquidos tratados
- Puede incorporar un sistema mecánico (tamizado), que permita el reuso de la fracción sólida.
- Eficiente como proceso

Desventajas de las lagunas aerobias

- Requiere equipo especializado (aeradores de importación)

- Requiere mantenimiento periódico del equipo
- Consumo constante de energía eléctrica
- Los costos de inversión son elevados
- Pérdida de nitrógeno en los efluentes
- Emanación dispersa de olores
- Requiere estar cerca a campos agrícolas para el uso de los efluentes.
- No puede construirse cerca de centros urbanos, ya que la emaciación del fenol se dispersa y pueden ser acarreados por los vientos a la población.

En base al análisis de las ventajas y de las desventajas tanto de la digestión anaerobia(digestor) como de las lagunas aerobias puede mencionarse los cambios o beneficios tanto de uno como del otro sistema.

La principal desventaja de este método de tratamiento (laguna aeróbica) es el empleo de equipo de importación (aeradores) - que requiere de un mantenimiento periódico y un consumo constante de energía eléctrica; y que los costos de inversión y mantenimiento son relativamente altos y por esta razón prácticamente es mejor el método del Digestor.

C O N C L U S I O N E S

6. CONCLUSIONES

La porcicultura es una de las actividades pecuarias más importantes de México, el país cuenta con una población de cerdos del orden de 20 millones de cabezas, la mayor parte de ellos concentrados en zonas porcícolas de unos cuantos Estados de la República (Jalisco, Veracruz, Yucatán, Sonora, Nuevo León, Michoacán, etc.) por lo que se presta la zona porcícola de la Piedad Michoacán para el proyecto.

La gran zona porcícola de la Piedad Michoacán tiene problemas ambientales locales y regionales ocasionados por las grandes cantidades de estiércol producido que no es tratado y dispuesto de una manera adecuada.

Los problemas ambientales han persistido y tienden a agrandarse, debido a dos aspectos básicos:

- 1.- La falta de criterios bien definidos en la aplicación de los reglamentos sanitarios.
- 2.- Falta de asistencia científica y tecnológica (bajo número de técnicos especializados) para dar alternativas de solución a los problemas.

Se requiere de una sistematización en la elaboración de diagnósticos regionales que sirvan de apoyo a los programas locales de prevención y control de la contaminación ambiental, tecnologías

usadas, aspectos epidemiológicos, población porcícola, evaluación del impacto ambiental de los desechos.

Se debe de realizar un extensionismo tecnológico que promueva el tratamiento de los desechos porcícolas a fin de lograr su reutilización, pues el potencial económico de estos residuos son apreciables si son empleados con fines agrícolas, como reciclaje de alimentos y la utilización del biogas.

CONCLUSIONES PARTICULARES:

El estiércol de cerdo es un residuo orgánico con un potencial contaminante muy alto (sólidos volátiles: $200-250 \text{ g x Kg}^{-1}$, $\text{DBO}=40,000-50,000 \text{ mg. x l}^{-1}$; ácidos grasos= $10-15 \text{ g x l}^{-1}$).

Cualquier cantidad de estiércol producida en granjas porcícolas debería ser manejada por algún sistema de disposición y tratamiento.

El método biológico de tratamiento (digestor) es igual o más eficaz que los métodos químicos.

Los métodos biológicos de tratamiento son más efectivos, más económicos, requieren de menos mantenimiento y no consumen energía en comparación con los métodos químicos o físico-mecánicos.

La legislación sanitaria que regula las descargas de las aguas naturales es clara y estricta, en general, sin embargo, es difícil de cumplirlo.

Un sistema adecuado para evitar descargas a las aguas naturales es el empleo de los efluentes tratados en actividades agropecuarias. El riego agrícola con estos efluentes es efectivo.

Como ya se mencionó en apartados anteriores el proceso de la digestión anaerobia adquiere cada vez más importancia ya que no solo funciona para el tratamiento de desechos contaminantes sino que es una de las fuentes que nos producen energía.

De hecho es un propósito con este proyecto fomentar su uso, en el procesamiento de desechos agroindustriales. El sistema de tratamiento de los desechos del cerdo en la Piedad Michoacán, es la línea tecnológica más avanzada.

Sabemos que funciona a gran escala puesto que funciona en otros países.

El avance con este desarrollo tecnológico es muy importante ya que el resto de los porcicultores en la zona están dispuestos a utilizar la tecnología.

Así mismo se espera que sea utilizada en otras zonas porcícolas del país donde realmente hace falta, pues es increíble que a estos tiempos la contaminación por desechos porcícolas se encuentre en forma tan impresionante.

Por otro lado, esta misma tecnología con algunas modificaciones y estudiando el proceso se podrá adaptar a las explotaciones de ganado bovino, ovocaprino y avícola.

Y que en estos estudios que se elaborarán posteriormente en otra tesis, que se investigarán los tipos de digestores que existen y cuales son los apropiados de acuerdo a la explotación agropecuaria que se quiera utilizar. Y como se mencionó en anterior ocasión de acuerdo al tipo de ganado.

Aparte que este estudio nos sirva como base, como muestra para toda la República Mexicana y Centroamérica de las explotaciones pecuarias, para su mejor utilización de esta tecnología.

SUMARIO O RESUMEN

7



La industria porcina es una de las actividades pecuarias más importantes en México.

Siendo los Estados más importantes los de Sonora, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Yucatán y Guanajuato.

Datos oficiales nos señalan que México tiene una población porcícola de 20 millones, la mayoría de éstos en los Estados mencionados.

Estas altas concentraciones de cerdos en áreas regionales relativamente pequeña como en la zona porcícola de la Piedad, Michoacán provocan fuertes problemas ambientales que nos ocasionan una insalubridad general y diversos trastornos ambientales y sanitarios.

Lo cual ha originado que los porcicultores y la Secretaría de Salubridad y Asistencia hayan buscado una solución al problema de la excretas de los cerdos.

Y como propuesta se realizó un Proyecto Tecnológico del -
Uso de un Digestor como Planta Piloto de Tratamiento de Excretas -
para la explotación de una granja porcina.

Y este proyecto se realizó en la Granja El Carmen, ubica-

da en el Km. 4.5 de la carretera La Piedad-Carapan, con una producción de 3,000 cerdos en engorda.

El proyecto nos trae como consecuencia dar la solución del problema de manejo y tratamiento de los desechos orgánicos del cerdo.

Que en la actualidad en la zona porcícola de la Piedad, hay en existencia 300 granjas de diversas características y con una población de 1.5 millones de cabezas.

Los elementos utilizados en el sistema de tratamiento son básicamente de obra civil sin dispositivos eléctricos o mecánicos.

La actividad porcícola de la región de la Piedad, es sin lugar a duda la más importante en el país existente en este siglo. Tanto por el tipo de explotación como su mercado e industrialización la hacen la más importante en México.

Pero sin embargo la alta población porcícola ha ocasionado problemas ambientales que se han agravado con el tiempo, que nos va a constituir un fuerte problema local. Por la cantidad de producción diaria de estiércol, en el año de 1985 es del orden de

a 4 mil toneladas.

El tipo de digestor utilizado es de 300 mts.³, para el --
tratamiento de los residuos de 3,000 cerdos en engorda. Es de tipo --
anaerobio y horizontal continuo.

A este proyecto se le llama fermentación anaerobia, es un
sistema herméticamente cerrado dentro del cual se coloca el mate---
rial orgánico a fermentar mezclado con el agua. Su carga y descarga
se realiza por gravedad.

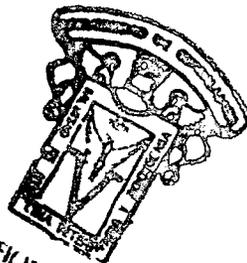
Mediante este proceso el estiércol es sometido a la acción
de comunidades bacterianas, depuradoras que degradan las grandes --
moléculas constituyentes del estiércol y las convierten en gases --
como: Metano (CH_4), Bióxido de Carbono (CO_2) y biomasa activa.

Es proceso involucra siempre a dos grupos de bacterias:

- a) Acidificantes
- b) Metanógenas.

Y se presenta en tres etapas:

- a) Liquefacción de la materia orgánica
- b) Formación de ácidos volátiles



OFICINA DE
ASESORIA CIENTIFICA

c) Formación de Metano

Como hemos dicho el biogas es la mezcla de gases que se produce durante la fermentación anaeróbica y está compuesta de metano, hidrógeno, nitrógeno, bióxido de carbono, oxígeno y trazas de ácido sulfhídrico. Obteniendo el gas metano en un 55 a 70%.

Los usos que tiene un digestor son varios:

- a) Para el tratamiento del estiércol
- b) Abono y fertilizante
- c) Riego agrícola
- d) Reciclaje alimenticio
- e) Utilización del Biogas

El objetivo principal es el de el sistema de manejo de los desechos orgánicos de los cerdos. Para disminuir o eliminar los desechos contaminantes que son descargados en el Rio Lerma. Y por otro lado la utilización de los residuos obtenidos después del proceso para fines agroindustriales.

El material que se utilizó fue de 3 tipos:

- a) Diseño

b) Construcción

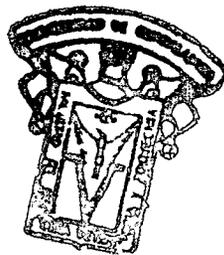
c) Operación

La metodología fue de acuerdo a la construcción de tipos de ingeniería y también a la operación de acuerdo al proceso de la fermentación.

Dando los resultados de la obtención principalmente del biogas y el tratamiento de los desechos orgánicos contaminantes.

Y los tratamientos de este método biológico que es más económico que los físico-químicos.

Por lo cual se discute que el Digestor es eficaz para el tratamiento de los desechos orgánicos por las ventajas que presenta.



OFICINA DE
ASesorIA CIENTIFICA

SIMBOLOS Y UNIDADES

INDICES:

- e = Residual (en el efluente)
 e = Introducido
 r = Eliminado

ABRAVIACIONES:

- Bv = Carga Volúmica
 d = Días
 d^{-1} = Día
 DBO = Demanda biológica de oxígeno
 l = Litros
 LM = Licor mixto
 TS = Materia en sólidos totales ($gx l^{-1}$)
 VS = Materia en sólidos volátiles ($gx l M^{-1}$)

CONCENTRACIONES:

- HCO_3 = Alcalinidad (concentración de bicarbonato)
 ($meq \times l^{-1}$)
 KgVSo = Sólidos volátiles en el sustrato
 NH^{-4} = Concentración de Nitrógeno amoniacal ($gx l M^{-1}$)
 NTK = Concentración de Nitrógeno total Kjeldahl
 ($gx l M^{-1}$)

- $m^3 \text{ LM}^{-1}$ Volumen útil del digester
- G_e Concentración en el efluente ($g \text{ USexl LM}^{-1}$)
- S_o Concentración a la entrada ($g \text{ USio x l LM}^{-1}$)
- S_r Concentración eliminada ($g \text{ USr x l LM}^{-1}$)

VELOCIDADES:

- V_{CH_4} = Velocidad de producción de metano
($l \text{ CH}_4 \text{ x l LM}^{-1} \text{ x d}^{-1}$)
- V_e = Velocidad de producción de biogas
($l \text{ gas x l LM}^{-1} \text{ x d}^{-1}$)

PARAMETROS DE CONDUCCION:

- B_v = Carga volúmica ($g \text{ Uso x LM}^{-1} \text{ x d}^{-1}$)
- θ = Tiempo hidráulico medio de retención (d)
- pH = Potencial de hidrógeno
- T = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
- t = Variable.



ESTADO DE GUATEMALA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

COSTOS

Estuvo basado en los siguientes costos unitarios de construcción.

CONCEPTO	UNIDAD	C.UNIT.
Excavaciones a mano	M ³	336.50
Acarreos	M ³	215.78
Planta de concreto pobre	M ²	418.83
Plantilla de concreto armado	M ²	653.77
Dalas de concreto armado	M1	1,179.67
Castillos de concreto armado(35+40+20)	M1	1,566.47
Muros de tabique (21cm de espesor)	M ²	2,471.11
Muros de tabique (15cm de espesor)	M ²	1,263.97
Aplanados	M ²	266.37
Cubierta de concreto armado	M ² cimbra S/M ² concreto S/M ³	582.25 6,490.19
Rampas	M ³	5,840.19
Cadena de concreto armado (21x21)	M1	1,179.67
Castillo de concreto armado (21x21)	M1	1,179.67
Cadena de concreto armado (15x15)	M1	819.00
Castillo de concreto armado (15x15)	M1	819.00

Resumen del estimado de costo de construcción:

Capacidad	CONCEPTO	COSTO TOTAL
12 M ³	Pileta de carga	129,429.37
300 M ³	Digestor	1'806,701.00
50 M ³	Sedimentador	27,357.48
600 M ³	Fosa de líquidos	<u>290,994.60</u>
	total de construcción	2'254,482.30

RESUMEN DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO:

COSTO DE CONSTRUCCION	2'254,482.30
Elaboración de proyecto y supervisión de construcción y evaluación técnica y científica.	<u>338,172.34</u>
total del proyecto	2'592,654.60

Aclaración acerca del costo:

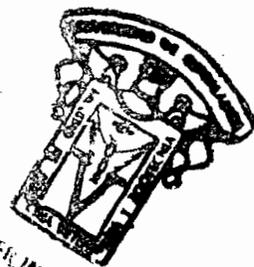
Es necesario aclarar que los costos totales del proyecto están basados sobre precios actuales en los meses (Julio y Agosto) del año de 1985. Y de acuerdo al incremento del país nos modificaría el costo de este proyecto.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Arias Chávez, J. 1978. Digestión Anaerobia de Desechos Orgánicos. Reunión Nacional sobre Energía no Convencional. Palmira, Morelia, México.
- 2.- Baquedano. M. Ypung. M.A. Morales H.L. (1983) Los Digestores: Energía y Fertilizantes para el Desarrollo Rural.
- 3.- Camacho, P., 1984. Evaluación de la Digestión Anaerobia del -- Estiércol de Cerdo
Experiencia a Escala Laboratorio y Escala Piloto. Tesis (1984) Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana.
- 4.- Couplet, P. et G. Albagnac, 1978. The Digestion Anaerobic Application aux. Industries Agrolimentaires, ann. Thech. Agric. 27: 533-564.
- 5.- Energy Solution in China 1977. Eviroment 9(7). Viniegra et. al 1978. Uso de la Digestión Anaerobia en la Ganadería Local. -- México. D.F. (13p)
- 6.- F A O. 1978 China. Azolla Propagation and Smallscale Biogas-- Technology. F A O Soils. Bulletin Roma. Italia.
- 7.- Fay J.J. 1973, Methane Digesters for fuel, gas and fertilizer. Editors. Richard Merrill and Yedida Merrill (47p)
- 8.- Gómez-Pompa, A. 1978. Viaje a China. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. A.C. Xalapa, Ver. (159p).

- 9.- Handboobk of Apropiate Technology of the Canadian Munger Funda
tion 1977. Planta Biogas a Pequeña Escala en la India. Traduc-
ción hecha por el Centro Mesoamericano de Estudios Sobre Tecno
logía aplicada C E M A T. Guatemala (20p)
- 10.- Hsinhua Newa Agency. 1978. Use of Methane Growe in Rural. Chi-
na No. 82304.
- 11.- Iannotti, E.L. Jr. Fisher, DM Siemers, 1982. Characterization_
of Bacteria from Swine Manure Digesters. APP, and Env. Mic.43:
136-143.
- 12.- Kugelman. I.J.: P.L. MC. Carty. 1965. Cation Toxicity and Stimu
lation in Anaerobic Waste Treatment, J. Watpoll. Contr. Fed. -
37:97-116.
- 13.- Los Digestores: Energía y Fertilizantes para el desarrollo ru-
ral.
Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos,
Xaalpa, Veracruz. México.
- 14.- Meynel. J.P. s!f Methane. Planning a Digester.
- 15.- Miller. C.A. 1976. Nuevo Uso de una Vieja Fuente de Energía.
Desarrollo Nacional. (4p).
- 16.- Rangel, S.J. 1980. Proyecto de Estercoleros Ejidales para la -
Recolección, Procesamiento y Distribución de 1,200 ton./día de
estiércol Bovino del Complejo Agropecuario Industrial de Tiza-
yuca. Hgo. Fideicomiso Prodel S.A. R.H.

- 17.- Singh, R.B. 1972. Biogas Plant. Generating Methane from Organic Wastes. Gobar gas. Research Station. Ejitemal. Etawah. --- (V.P. India).
- 18.- Summers, R. et al 1980. A detailed Study of Piggery Waste Anaerobic Digestion. Agricultural. Wastes. 2 (1980) 61-78 England.
- 19.- Smill. V. 1976. Intermediate Energy Technology in China. World Development. Oxford. 4 (10/11)(p-929-937).
- 20.- Van Velsen. Anaerobic Digestion OF Piggery Waste. Holland.
- 21.- Young. M.A. Camacho. P. 1984.
Tratamiento Anarobio del Estiércol de CERDO
Potencial Energético del Proceso
VIII Reunión Nacional de Energía Solar. México.
- 22.- Zeikus. J.G. 1980. Microbial Populations in Anaerobic Digesters in D.A. Stafford B.I. Wheatley and D.E. Hughes (editors). Anaerobic Digestion. Applied Science Publisher, LTD London -- 61-87.
- 23.- Zeikus, J.C. 1977. The Biology of Methanogenic Bacteria. Bacteriological rev. 4L. 2;514-541.



SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA
CITA
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y EXPERIMENTACIÓN AGRICOLA