

42
3817

352.1
87 DI

Difusión de la tecnología del biogás en Colombia

Documentación del Proyecto



Proyecto

(CVC)

374

OEKOTO

una publicación

352.1

4

-

.



Difusión de la tecnología
del biogás en Colombia
Documentación del proyecto

LIBRARY
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND
SANITATION (IRC)

Todos derechos reservados

© Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Gráficos Néstor E Tovar (CVC - Cali)

Publicado en Santiago de Cali, Colombia - Octubre 1987

Fotocomposición y Producción Litográfica

ULTRATEXTOS LTDA.

Cali, Colombia

Difusión de la Tecnología
del biogás en Colombia
Documentación del Proyecto

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE COLOMBIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE BIOPROCESOS
BOGOTÁ, D. C. 111321
TELÉFONO 3017
FECHA: 352.18701

Cali, 1987



Prólogo

El presente manual ha sido preparado con la finalidad de presentar un documento de avance, hasta la fecha, del proyecto que lleva a cabo el Convenio Colombo Alemán entre la CVC y la GTZ, para la difusión de la tecnología del biogás y su aprovechamiento en Colombia, además con el fin de dar los lineamientos generales y las consideraciones a tener en cuenta para implementar los sistemas de producción de biogás en el medio rural colombiano

R Nigiani
Cali, Septiembre 1987



Indice

	Prólogo	5
1	Introducción	10
1 1	Antecedentes	10
1 2	El Convenio Colombo Alemán	11
1 3	El proyecto de biogás CVC-GTZ-OEKOTOP	11
2	Presentación sobre las partes integrantes del convenio	12
2 1	Corporación Autónoma Regional del Cauca - CVC	12
2 2	Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit - GTZ	13
2 3	OEKOTOP Sociedad para Tecnología Apropriada en Areas en Desarrollo Ltda	14
3	Marco técnico del biogás como tecnología apropiada	15
4	Marco teórico de la tecnología del biogás	16
4 1	El proceso de fermentación	16
4 2	La temperatura	17
4 3	La relación C/N	17
4 4	Niveles de amoníaco	18
4 5	El pH	18
5	Las plantas de biogás	19
5 1	Métodos de carga	19
5 2	Las plantas de biogás convencionales	19
5 2 1	La planta de campana flotante	21
5 2 2	La planta de cúpula fija	21
5 2 3	La planta balón	22
6	Dimensionamiento de las plantas de biogás	24
6 1	Explicación de los conceptos	24
6 2	Dimensionamiento del digestor	25
7	Preparación para el diseño y dimensionamiento de una planta de biogás	26
7 1	Encuesta de la situación actual	26
7 2	Planeación y diseño de la planta	26
8	Ejemplo práctico de diseño y dimensionamiento de una planta	29
8 1	Posible carga orgánica (biomasa)	29
8 2	Posible dimensionamiento del biodigestor	30
8 3	Dimensionamiento del biodigestor	30
8 4	Dimensionamiento del tanque de compensación y almacenamiento del gas	31
8 5	Tanque de compensación	32
8 6	Posible producción de gas	32

9	Construcción de plantas de biogás	33
91	Forma y carga estática	33
92	Construcción del fundamento o placa de fondo	38
93	Construcción del casco esférico de mampostería	39
10	Composición del biogás y su utilización	41
101	Composición del biogás	41
102	La utilización del biogás	42
103	Aparatos operados a biogás	43
11	Resumen de las obras cumplidas	51
111	Plantas construidas y operantes	52
112	Plantas en construcción	53
113	Plantas diseñadas y/o planeadas	54
114	Algunos planos y fotografías de plantas construidas	56
1141	Plantas construidas por el Programa CIPAV	103
115	Otras plantas en proyecto	104
12	El uso del efluente de plantas de biogás como abono	107
121	Experimentos para determinar el poder fertilizante del bioabono	107
122	El uso del efluente como abono en la práctica	115
123	Recomendaciones preliminares para el uso de efluente	119
13	Actividades realizadas para la divulgación de la tecnología del biogás	124
131	Congresos, seminarios, talleres, etc	124
132	Programas de capacitación de técnicos y personal especializado colombiano	127
14	Desarrollo de sistema anaeróbico para el tratamiento de otros desechos agroindustriales	135
15	Resumen del programa actual y futuro Conclusiones	138
16	Bibliografía	139

1. Introducción

1.1 Antecedentes

A raíz de las crisis energéticas de los años setenta y de la necesidad planteada en la cumbre económica mundial de 1978 en Nairobi, de desarrollar programas energéticos específicos para los países en vías de desarrollo entonces aquejados por su alta dependencia de importaciones de crudos, la República Federal de Alemania concibió en el año de 1979 el Programa Especial de Energías Renovables (PEER) para diversos proyectos de cooperación técnica

Objetivo principal de este programa es contribuir a mejorar el abastecimiento de energía de países en desarrollo y aminorar los entonces ya visibles efectos ecológicos de la erosión producida por la sobre-explotación de la madera

Con el fin de reducir la dependencia tecnológica de los países industrializados, el programa debería fomentar la producción local de las tecnologías a implementar y usar al máximo posible las capacidades de investigación y desarrollo existentes en los países

Para la realización práctica del programa, se escogieron inicialmente diez países con distintas estructuras socio-económicas y diversos recursos energéticos

- Sudan Kenia, Tanzania, Malí, Níger, Alto Volta y Senegal en África
- Las Filipinas en Asia y
- Perú y Colombia en Latinoamérica

Para la planeación y ejecución de los proyectos, el gobierno alemán designó a la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica —GTZ— la cual elaboró para cada país un estudio energético en los que se estudian los recursos físicos e institucionales existentes, así como las posibilidades de implementar tecnologías apropiadas para el uso de energías renovables

Con base en estos estudios y en cooperación con las correspondientes entidades responsables del sector energético, se elaboraron programas específicos para los países arriba mencionados

Paralelamente la GTZ elaboró "informes de estado" de las tecnologías existentes para el uso de energías renovables en los campos de

- Energía solar fotovoltaica y termodinámica
- Energía eólica
- Biogás
- Biomasa (*pirólisis*)
- Energía solar térmica
- Energía hidráulica

Partiendo de esta etapa preparatoria, se ejecutan actualmente diez programas, uno de ellos en Colombia. Actualmente estos programas han sido extendidos a otros países más de África, Asia y Sur América



Lugares de actividades del Proyecto CVC-GTZ hasta la fecha. Departamentos con plantas construidas por el proyecto. Departamentos con plantas en construcción y/o planeadas por el proyecto.

1.2 El Convenio Colombo Alemán

El Convenio de Cooperación Técnica Colombo Alemán para la realización del programa especial de energías renovables se firmó entre los respectivos gobiernos en el año de 1982. Por acuerdo mutuo entre el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Minas y Energía por un lado y la GTZ como representante del gobierno Alemán, se escogieron entonces cuatro proyectos individuales que conformarían el programa

- a Investigación sobre posibilidades de uso de balsas flotantes generadoras de energía
- b Difusión de plantas de biogás
- c Implementación de sistemas para gasificación de biomasa (pirólisis)
- d Programa de demostración y difusión de otras tecnologías energéticas (eólica, micro-centrales eléctricas, etc.)

Por determinación del Departamento Nacional de Planeación y de acuerdo con los intereses y las capacidades existentes en diversas entidades nacionales se designaron las siguientes instituciones como contrapartes locales respectivamente

- a Universidad de Los Andes - Facultad de Ingeniería Mecánica
- b Corporación Autónoma Regional del Cauca —CVC— División de Aguas
- c Corporación Autónoma Regional del Cauca —CVC— Plan de Desarrollo de la Costa Pacífica - PLADEICOP
- d Corelca - ICA

1.3 El Proyecto de Biogás - CVC-GTZ-OEKOTOP

Para la realización de este proyecto conjunto con la CVC, la GTZ designó a la empresa consultora alemana OEKOTOP con sede en Berlín

De acuerdo con el convenio general del proyecto, éste buscó la difusión de sistemas anaeróbicos simples cuyos costos de implementación sean lo más bajo posible y que permitan el tratamiento y el uso de desechos orgánicos de diversa índole. Con esto podrían lograrse tres objetivos fundamentales

- Reducción de cargas contaminantes, protección ecológica
- Sustitución de energéticos convencionales mediante el uso de biogás
- Sustitución de abonos químicos mediante el uso de los efluentes tratados y de buena calidad fertilizante

Si bien el proyecto comprendía la construcción y puesta en marcha de varios digestores, se buscó que estos digestores sirvieran de demostración y contribuyeran a fomentar la difusión de las tecnologías a través de entidades nacionales públicas y privadas

Para cumplir con estos objetivos, el proyecto comprendería las siguientes actividades

- Diseño y construcción de plantas piloto
- Análisis de mercado y potencial de difusión de la tecnología
- Investigación sistemática sobre los efectos fertilizantes de los efluentes (bioabono).
- Investigación sobre tratabilidad de desechos orgánicos vegetales altamente contaminantes (pulpa de café, residuos de procesamiento de fique y yuca)
- Seguimiento biológico sobre la reducción de cargas contaminantes en los digestores

El personal cuenta con todo el apoyo técnico y logístico de la CVC además del personal especializado contratado por la parte alemana

El proyecto empezó en noviembre de 1985

2. Presentación sobre las partes integrantes del convenio

2.1 La Corporación Autónoma Regional del Cauca - CVC

Es un establecimiento público del orden nacional, adscrito al Departamento Nacional de Planeación, que tiene por objeto promover el desarrollo económico y social de los territorios comprendidos dentro de su jurisdicción, abarcando entre otros, la cuenca del río Cauca en su parte alta. El área bajo control es de 1 737 000 hectáreas.

En procura de mejorar el nivel de vida de sus habitantes, la CVC genera, transmite y distribuye energía eléctrica, conserva y fomenta los recursos naturales y promueve las actividades industriales y agropecuarias.

Para mantener y aumentar el control de la contaminación de los recursos hídricos, la CVC continúa con la aplicación de la Ley Sanitaria vigente, en la cual la industria debe realizar la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales, según sus necesidades, pueden ser lodos activados, lagunas facultativas o sistema anaeróbico, que cumplan con las remociones de carga estipuladas por la mencionada ley.

El Dr. Oscar E. Mazuera González es el Director Ejecutivo de la Corporación.

Como Director del proyecto en Colombia ha sido encargado el ingeniero Raúl Arias Uribe, Jefe de la División de Aguas.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA - CVC

Carrera 56 No. 11-36

Teléfono 396671

Apartado Aéreo No. 2366

Télex 55708 CVC Co

Cali, Colombia



2.2 Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

La GTZ es una entidad autónoma dependiente del Gobierno Federal, cuyas actividades se insertan en el campo de la cooperación técnica. En cerca de 100 países de África, Asia y América Latina, 2 200 expertos colaboran con sus contrapartes de países en desarrollo en la realización de proyectos que abarcan casi todos los ámbitos de la agricultura y de la silvicultura, del desarrollo económico y social, así como de la infraestructura institucional y física.

Las actividades de la GTZ comprenden principalmente las siguientes prestaciones y servicios:

- Examen, planificación técnica, conducción operativa y supervisión de las medidas puestas en práctica (proyectos y programas) conforme a las órdenes y comisiones del Gobierno Federal u otras entidades
- Asesoramiento a otros organismos responsables de medidas de desarrollo
- Prestaciones en materia de personal (reclutamiento, selección, preparación, envío de expertos, asesoramiento personal y dirección técnica durante su misión)
- Prestaciones materiales (planificación técnica, selección, adquisición y puesta a disposición de materiales y equipos)
- Cumplimiento de los compromisos financieros contraídos ante los organismos contrapartes en los países en desarrollo

Dirección

Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Apartado postal 5180

D-6236 Eschborn 1

República Federal de Alemania

Teléfono (06196) 79-0

Télex 41523-0 gtz d



2.3 OEKOTOP Sociedad para Tecnologías Apropriadas en Areas en Desarrollo Ltda.

La Oekotop es una empresa consultora con sede en el sector occidental de Berlín, Alemania, con personal altamente especializado en

- Servicio técnico y asesorado sobre tecnologías apropiadas
- Investigación y adaptación de tecnologías apropiadas en países en desarrollo
- Planificación técnica, construcción y puesta en marcha de planta de biogás y de otras energías alternas

Oekotop colaboró en diferentes proyectos de cooperación técnica con la GTZ en varios países de Africa y Asia

Como director del proyecto por parte alemana fue encargado el ingeniero Romano Nigiani

Dirección

OEKOTOP

Binger Str 25a D-100 Berlín 33

Teléfono (030) 8242082

Télex 184452 oek d

OEKOTOP



3. Marco Técnico del Biogás como Tecnología Apropiable

Dentro del amplio campo de las energías no convencionales, los sistemas de biogás se revelan como los de más inmediata y segura aplicación, con recursos renovables y prácticamente inagotables con un costo razonable. Por otro lado presentan diversas ventajas a saber: no utilizan combustibles fósiles agotables, reducen la peligrosidad y la contaminación de los residuos portadores de gérmenes patógenos, eliminan el olor desagradable de los desechos, no producen desequilibrio en el ecosistema y finalmente como subproducto se obtiene un efluente con altas propiedades biofertilizantes que también puede utilizarse para el enriquecimiento de estanques dedicados al desarrollo de algas, cría de patos y peces, con alto contenido proteínico para utilizarlo en alimentación de animales.

En el área de jurisdicción de la CVC, el programa de biogás se visualizó, en primer lugar, como solución a los problemas de contaminación pues era difícil que la mediana y pequeña agroindustria rural, construyera un sistema convencional de tratamiento, altamente costoso para su capacidad económica y además el reciclaje de los desechos sólidos y líquidos, como biofertilizantes, permitirían un desarrollo integral para los problemas del sector rural, finalmente también para solucionar las necesidades energéticas en lugares donde no hay electricidad, protegiéndose en esta forma el recurso forestal.

En las áreas rurales existen actualmente en Colombia problemas en el manejo de ciertos desechos, tales como las aguas mieles del café y la pulpa, los residuos de la producción de fique (cabuya) y los residuos de la producción de almidón. Este proyecto buscaría minimizar tales problemas con la obtención de algunos beneficios en cada caso.

La GTZ y CVC han seleccionado, según criterios específicos, granjas donde se está desarrollando el proyecto, siendo estos lugares demostrativos o multiplicadores de los objetivos trazados.

4. Marco Teórico de la Tecnología del Biogás

El biogás es producido por bacterias de fermentación que descomponen en ausencia del aire el material orgánico

El material de fermentación se compone de sustancias sólidas orgánicas, inorgánicas y agua

El biogás es producido por la fermentación del material orgánico. El material inorgánico no sufre modificación alguna durante el proceso de fermentación

El agua incrementa la fluidez del material de fermentación, lo cual es importante para el funcionamiento de una planta de biogás

4.1 El Proceso de Fermentación

El proceso de fermentación se compone de tres fases principales

Primera Fase Hidrólisis

Las bacterias fermentativas o acidogénicas hidrolizan los polímeros (largas cadenas de moléculas orgánicas) y las convierten a través de la fermentación en ácidos orgánicos solubles

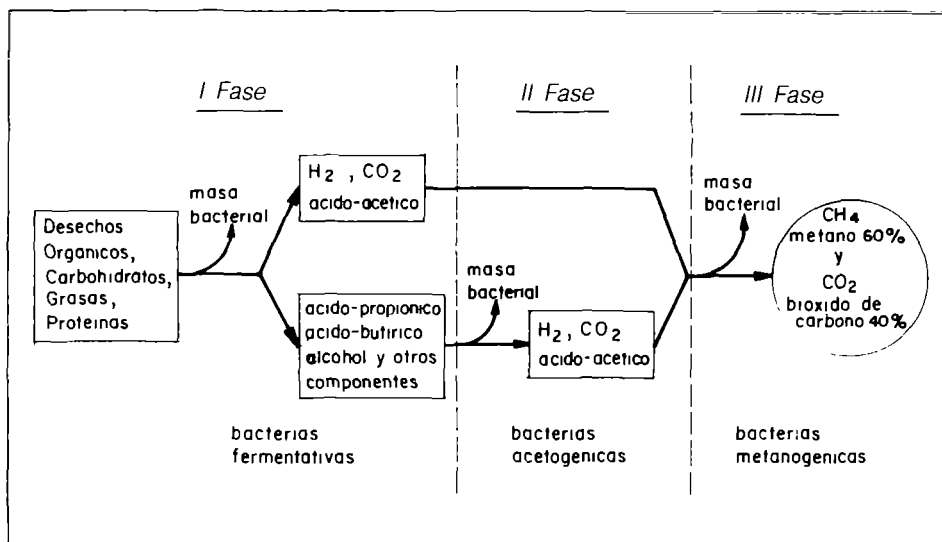


Fig 1 Las tres fases de la fermentación anaeróbica de la biomasa

Segunda Fase Acidificación

Las bacterias acetogénicas causan una metabolización de los complicados ácidos orgánicos en acetatos (CH_3COOH), dihidrógenos (H_2) y carbodióxidos (CO_2)

Tercera Fase Metanización

A partir de las proteínas, hidratos de carbono y grasa, los aminoácidos, alcoholes y ácidos grasos que se formaron en las fases anteriores, en la última fase se forma el metano, bióxido de carbono y amoníaco (*Ver figura 1*)

Durante el desarrollo del proceso, el material de fermentación se vuelve más líquido

Cuanto mejor es el paso de una fase a la otra, más corto es el proceso de fermentación



Fig 2 Varios tipos de bacterias metanogénicas

4.2 La Temperatura

Según la temperatura que haya en el digestor, se diferencia entre

- Fermentación psicrófila ($10^{\circ}\text{-}20^{\circ}\text{C}$) más de 100 días de retención
- Fermentación mesófila ($20\text{-}35^{\circ}\text{C}$) más de 20 días de retención (aproximadamente 30-40 días)
- Fermentación termófila ($50\text{-}60^{\circ}\text{C}$) más de 8 días de retención

La fermentación termófila no es apropiada para las plantas sencillas

4.3 La Relación C/N

Todos los materiales de fermentación están compuestos en su mayor parte por carbono (C) y contienen nitrógeno (N) La relación C/N influye sobre la producción de gas

Una relación del C/N de 20:1 hasta 30:1 es ideal. Mezclas de materiales de fermentación con alto contenido de nitrógeno (p.ej. estiércol de gallina) con material de fermentación con alto contenido de carbono (p.ej. tamo de arroz) dan una elevada producción de gas.

4.4 Niveles de Amoníaco

Este parámetro cobra importancia cuando se utilizan determinados materiales que contienen un alto porcentaje, como es el caso de los estiércoles de aves. Para un correcto funcionamiento, los niveles dentro de los digestores deben mantenerse por debajo de los 2000 mg/litro, lo que se logra aumentando las diluciones de entrada del material.

4.5 El pH

El pH en el digestor es la función de la concentración de CO_2 en el gas, de la concentración de ácidos volátiles y de la propia alcalinidad de la materia prima.

Las bacterias responsables del mecanismo de producción de biogás son altamente sensibles a cambios en el pH, oscilando de 6-8, teniendo como óptimo un pH de 7-7.2.

Tabla de Valores de pH para la Producción del Biogás		
pH	7 - 7.2	óptimo
pH	6.2	retarda la acidificación
pH	7.6	retarda la amonización

El pH del cieno de fermentación indica si el proceso de fermentación transcurre sin estorbos. El pH debe tener un valor alrededor de 7. Esto significa que la carga de fermentación no debe ser ni alcalina, ni ácida.

5. Las Plantas de Biogás

5.1 Métodos de Carga

Entre las plantas de biogás se distinguen dos categorías

Las plantas Batch y
Las plantas Continuas

Entre las dos, la "diferencia" está en el "Método de Carga"

Las Plantas Batch

Se cargan una vez y quedan cerradas por un tiempo fijo de retención hasta que haya terminado el proceso de fermentación y ya no hay producción de gas

En esas plantas al comienzo hay mucha masa orgánica y pocas bacterias y al final tienen muchas bacterias y casi nada de sustancia orgánica

Por esto no es tan funcional como una planta continua, donde la carga diaria continua, de la nueva biomasa, garantiza un balance entre sustancia orgánica y bacteria, con producción continua de gas

Las Plantas Continuas

Son cargadas y descargadas en forma periódica, por lo general todos los días. Cualquier tipo de construcción es apropiada para una planta continua, pero el material de fermentación debe ser fluido y uniforme

Las plantas continuas son más apropiadas para viviendas campesinas. Las labores necesarias se pueden integrar más fácilmente en las tareas diarias. La producción de gas es uniforme y es un poco mayor que en las plantas batch

5.2 Plantas de Biogás Convencionales

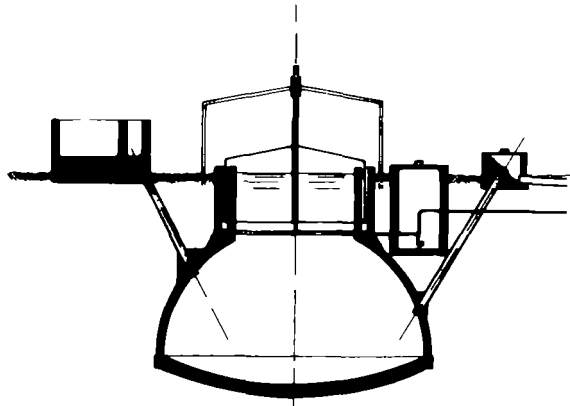
Divulgación de Plantas de Biogás en el Valle del Cauca y en los Otros Departamentos Adyacentes

Para la difusión de plantas de biogás, el convenio de Cooperación Técnica entre CVC y GTZ se propuso construir algunas plantas piloto de biogás sencillas del tipo más apropiado para viviendas campesinas, establos y pequeñas industrias agropecuarias. Esas plantas son plantas sencillas, fáciles de construir y con costos al alcance de la mayoría de los usuarios. Las plantas del tipo continuas son cargadas y descargadas diariamente.

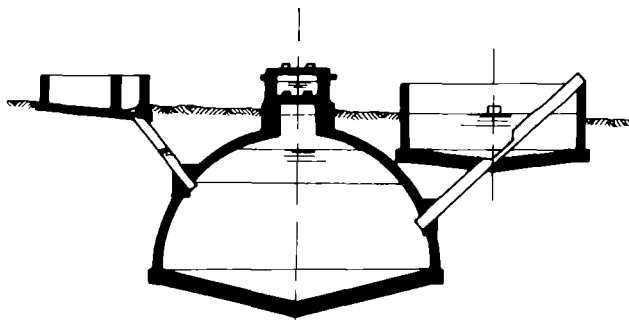
Para la divulgación en el Valle del Cauca y otros departamentos, fueron elegidas las plantas de biogás sencillas y convencionales que se distinguen en los tres (3) tipos principales

- La planta con campana flotante
- La planta con cúpula fija (cúpula china)
- La planta balón

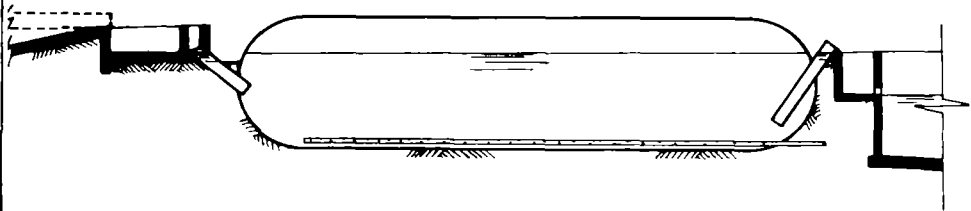
PLANTAS DE BIOGAS SENCILLAS



PLANTA DE CAMPANA FLOTANTE



PLANTA DE CUPULA FIJA



PLANTA DE BALON PLASTICO

Figura 3 Plantas de biogás sencillas

5.2.1 La Planta de Campana Flotante

La planta con campana flotante se compone de un digestor en forma de bóveda esférica (o cilíndrica) y de un depósito de gas móvil en forma de campana flotante. La campana puede flotar directamente en la masa de fermentación o en un anillo de agua cilíndrico.

El gas se acumula en la campana, haciéndola subir y luego vuelve a bajar cuando se extrae el gas a través de un tubo instalado en la campana misma. Para evitar que la campana se ladee, se construye un soporte de hierro como guía.

La campana además de subir y bajar, es libre de girar, así puede mover la capa que eventualmente pueda flotar en la superficie de la carga de fermentación.

Para la construcción del digestor, se usa comúnmente ladrillos, cemento, arena y grava, para la campana flotante, lámina de acero.

Ventajas

- Manejo fácil
- Presión de gas constante
- El gas almacenado es visible a través del nivel de la campana

Desventajas

- Alto costo de construcción de la campana
- En la mayoría de los casos, la campana es metálica y por eso sujeta a corrosión
- Más costos de mantenimiento causado por trabajo de pintura

5.2.2 La Planta de Cúpula Fija

La planta con cúpula fija se compone de un digestor cerrado en forma de bóveda esférica, con cámara de gas inmóvil y fija. El gas es almacenado en la parte superior del digestor. Durante la producción de gas la masa de fermentación es desplazada hacia el tanque de compensación. Cuando se extrae el gas la masa líquida vuelve hacia el biodigestor. En ese tipo de planta la presión del gas no es constante, aumenta según la cantidad de gas almacenado y disminuye cuando se encuentra poco gas en el depósito.

A través de constantes oscilaciones de la carga de fermentación, en la parte superior de la cúpula se evita la formación de capa flotante.

El biodigestor se construye en ladrillos y tiene que ser bien repellado y las porosidades del cemento bien selladas con alquitrán o parafina.

Ventajas

- Bajos costos de construcción
- No posee partes móviles
- No posee partes metálicas que se puedan oxidar
- Tiene una larga vida útil (aprox. 20 años)
- No tiene partes expuestas, por eso está protegida contra bajas temperaturas

Desventajas

- Presión de gas no es constante.
- La presión puede ser muy alta, por eso la cúpula tiene que ser cuidadosamente sellada, porosidades y grietas pueden afectar la planta

5.2.3 La Planta Balón

La planta balón está compuesta de una bolsa de plástico o de caucho completamente sellada. La parte inferior de la bolsa (75% de volumen) se rellena de la masa de fermentación, mientras en la parte superior de la bolsa (25%) se almacena el gas. Los tubos de entrada y salida están sujetos directamente a la pared de la bolsa.

El material plástico o de caucho para la planta, tiene que ser elegido con cuidado resistente a las intemperies y los rayos ultravioleta.

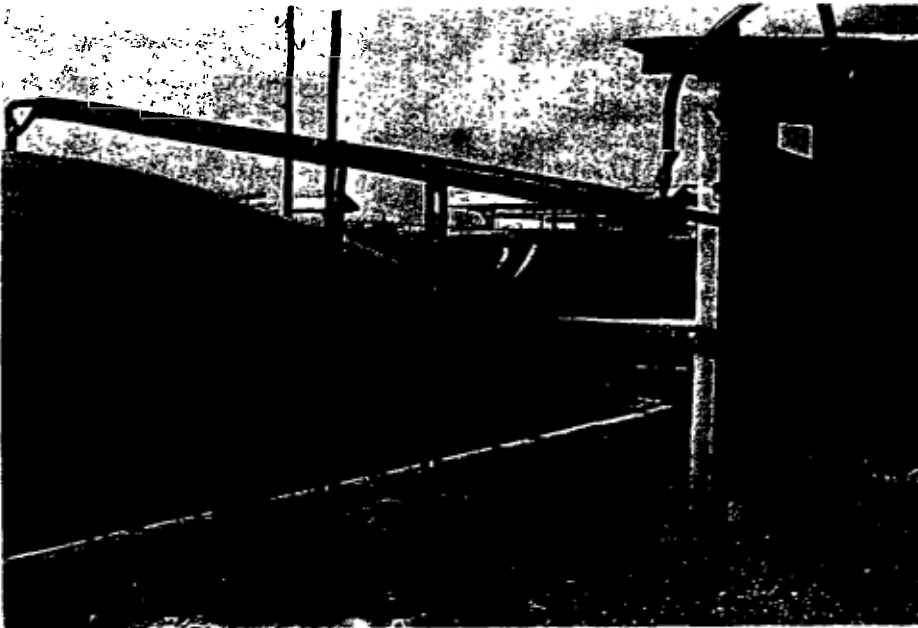
Una planta balón se puede recomendar para todos aquellos sitios donde no haya peligro de que se dañe la pared de la bolsa y donde predominen temperaturas altas y constantes.

Ventajas

- Bajos costos de construcción (una alternativa para todo aquel usuario con bajo recurso financiero)
- Fácil transporte e instalación
- Construcción horizontal y plana que favorece en los lugares con alto nivel freático

Desventajas

- Muy baja presión de gas, es necesario aumentar la presión con sobrepreso
- Corta vida útil (aproximadamente 5 años)
- El material plástico está sujeto a daños y tiene que ser protegido



Planta balón (volumen 400 m³) en Ferkéssédougou, Costa de Marfil, Programa GTZ-Oekotop (Africa)

Para mejorar la construcción de este tipo de planta o para darle más resistencia y más duración de vida útil, se ha desarrollado en los últimos años algunas variantes, como por ejemplo, en el programa de biogás que lleva a cabo la GTZ y OEKOTOP en Africa, en la Costa de Marfil, donde se desarrollaron diseños para planta balón hasta de más de 400 m³

Estas mejoras consisten en instalar el balón plástico sobre un tanque rectangular. El material plástico queda anclado en una canaleta de sello relleno de agua. El balón plástico sirve para el almacenamiento del gas (ver figuras y fotos anexas). En el caso que el material plástico se dañe, es más fácil sustituirlo y así asegurar una vida más larga a la planta misma.

La planta balón del tipo OEKOTOP, como la construida en el año 1982 para un gran criadero y matadero de ganado en Ferkéssédougou (Costa de Marfil) con un volumen de fermentación de 400 m³ y 80 m³ de almacenamiento de gas, es capaz de producir 230 m³ de gas/día. Una alternativa como ésta sería recomendable para todas aquellas plantas o canales de fermentación que pasan los 100 m³

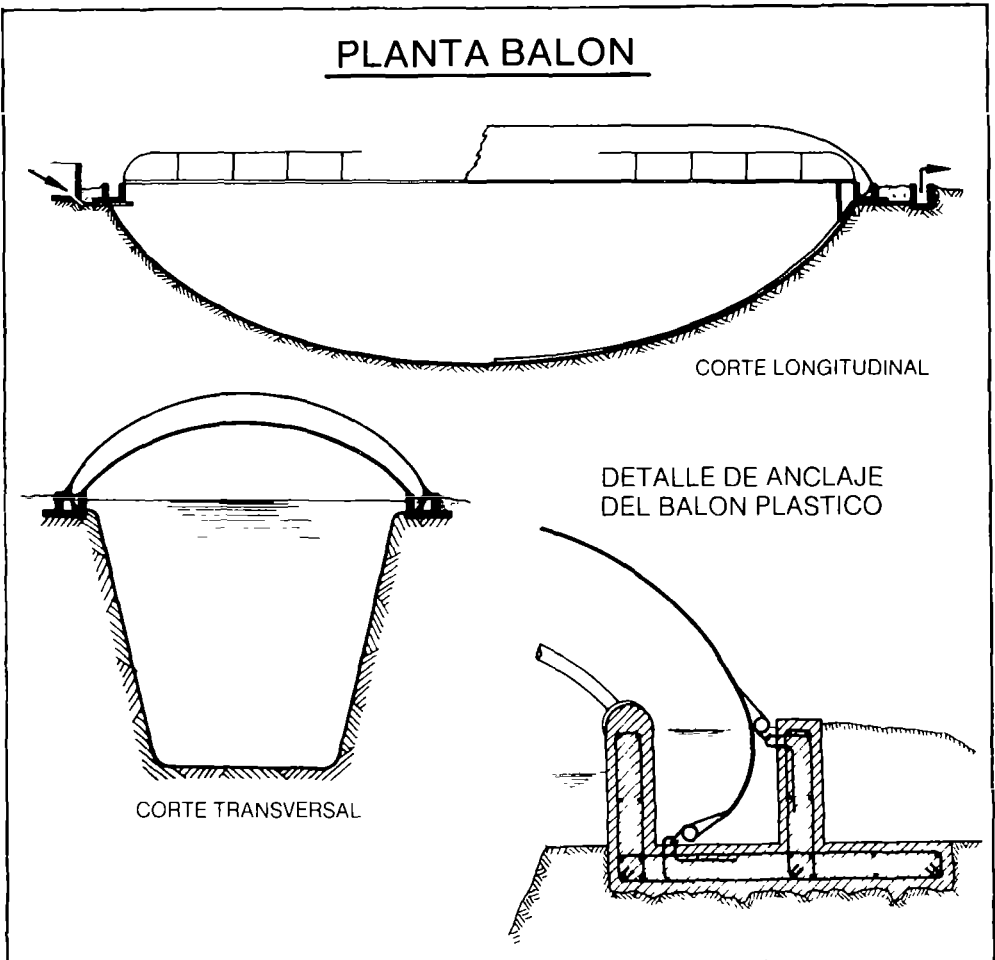


Figura 4 Planta balón

6. Dimensionamiento de las Plantas de Biogás

6.1 Explicación de los Conceptos

Para poder calcular el tamaño de una planta de biogás, se utilizan determinados valores característicos. Para una planta de biogás sencilla son los siguientes:

- La cantidad diaria de cieno de fermentación
- El tiempo de retención (fermentación) técnico (TR)
- La producción específica de gas al día (Gd) en dependencia del tiempo de retención y del material de fermentación

Además, en la literatura especializada, son usuales los siguientes conceptos y valores característicos:

- *La masa seca (MS, o ST)*

El porcentaje de agua varía en cada material de fermentación natural, por esa razón, en trabajos de investigación más exactos se opera con la parte sólida o materia seca del material de fermentación.

- *La masa orgánica seca (MOS, o SVT)*

Para el proceso de fermentación son importantes sólo los componentes orgánicos o volátiles del material de fermentación. Por eso, se trabaja solamente con la parte orgánica de la masa seca.

- *La carga del digestor*

Esta indica con cuánto material orgánico es alimentado diariamente o cuánto material debe ser fermentado al día. La carga del digestor se calcula en kilogramos de masa orgánica por metro cúbico del digestor por día ($\text{kg MOS}/\text{m}^3 \text{ d}$). Largos tiempos de retención producen una menor carga del digestor. Para las plantas de biogás sencillas, cargas de $1.5 \text{ m}^3/\text{d}$ ya son bastante altas. Plantas grandes con control de temperatura y agitación mecánica se pueden cargar con unos $5 \text{ m}^3/\text{d}$. Si la carga del digestor es demasiado alta, baja el valor del pH.

La planta se queda estancada en la fase ácida, porque hay más material de fermentación que bacterias de metano.

El tiempo técnico de retención o fermentación (TR o t_1) es el lapso durante el cual el material de fermentación permanece en el digestor y es el tiempo necesario para la completa fermentación del material.

La producción específica de gas es indicada en relación con la cantidad de cieno de fermentación, con la masa seca o con la masa orgánica seca. En la práctica ella indica la producción de gas que se obtiene de un determinado material de fermentación durante un determinado tiempo de retención con determinada temperatura en el digestor.

El grado de fermentación se mide en %. Este indica cuánto gas se obtiene en comparación con la producción total específica de gas. La diferencia con 100% indica qué cantidad de material de fermentación todavía no ha sido fermentado. En plantas de biogás sencillas, el

grado de fermentación alcanza alrededor del 50%. Esto significa que la mitad del material de fermentación queda sin aprovechar.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO, BOD) es importante en la técnica de aguas residuales, ya que indica el grado de contaminación de agua. La DBO mide la cantidad de oxígeno que es consumida por las bacterias durante el tratamiento biológico de aguas residuales.

6.2 Dimensionamiento del Digestor

El tamaño del digestor —el volumen del digestor (V_D)— es determinado por el tiempo de retención (TR) y por la cantidad diaria de cieno de fermentación o carga de biomasa.

La cantidad de carga de fermentación se compone del material de fermentación (p.ej. boñiga) y del agua de mezcla.

Ejemplo

30 litros de estiércol más 30 litros de agua = 60 litros de carga de fermentación.

El volumen del digestor se obtiene con la siguiente fórmula

$$V_D (1) = C_f (1/\text{día}) \times \text{TR (días)}$$

Si se conoce el volumen del digestor y la cantidad de cieno de fermentación, se puede calcular el tiempo de retención efectivo según la siguiente fórmula

$$\text{TR (días)} = V_D (1) \div C_f (1/\text{día})$$

Si se conoce el volumen del digestor y se desea un determinado tiempo de retención, se puede calcular la cantidad diaria de relleno con la siguiente fórmula.

$$C_f (1/\text{día}) = V_D (1) \div \text{TR (días)}$$

Si una planta de biogás no es cargada diariamente, sino con intervalos de varios días, con igual porción de cieno de fermentación (P), disminuye la cantidad diaria de relleno (C_f). El tiempo de retención aumenta por lo tanto análogamente.

7. Preparación para el diseño y dimensionamiento de una planta de biogás

7.1 Encuesta de la Situación Actual

- 7.1.1 Tipo de finca o de empresa agroindustrial con datos técnicos sobre las actividades y el sistema de manejo
- 7.1.2 Población actual de animales, cantidad, peso vivo promedio, tiempo de estabulación, horario para el ordeño, tiempo de estadía en potreros, sistema de lavado para establos y/o marraneras, frecuencia y cantidad de agua empleada en $m^3/día$
- 7.1.3 Otros tipos de desechos orgánicos como aguas residuales, desechos domésticos y sanitarios, desechos agroindustriales como de producción de rallandería de yuca u otros
- 7.1.4 Fuentes de energías actuales y consumo p ej electricidad, propano, ACPM (diesel), leña, etc Necesidades (demanda) de energía para el posible uso de biogás
- 7.1.5 Localidad y condiciones naturales lugar, altura, m s n m T °C promedio (día y noche), tipo del terreno, nivel freático, topografía del terreno (pendiente, desnivel, etc), cercanía a lagunas, ríos y/o acequias
- 7.1.6 Uso de fertilizantes (como úrea, etc), área para fertilización, otros abonos naturales
- 7.1.7 Ubicación y distancia entre vivienda y los establos y/o marraneras y otras instalaciones de importancia

7.2 Planeación y Diseño de la Planta

7.2.1 Estimación de la posible carga de biomasa

Cuando no es posible obtener datos exactos sobre ésta en $kg/día$, se puede estimar con la Tabla No. 1 (Ver página siguiente)

Con el potencial de animal y su peso vivo promedio, se puede estimar la cantidad de desechos orgánicos producidos diariamente

P ejemplo 1 vaca de 400 kg puede producir
x 5% = 20 kg est /d
x 4% = 16 kg or /d

Para un total de 36 kg/d de mat de fermentación

Como el estiércol fresco de ganado vacuno contiene ~ 16% de material sólido MST y ~ 84% de material líquido, se mezcla (usando las aguas del lavado) en una proporción de 1:1. La carga para la fermentación lista tiene entonces 8% de material sólidos y ~ 92% de material líquido

Tabla No. 1, Valores y Características de Algunos Materiales Orgánicos

Clase de Animal	Cantidad Diaria de		% del material de fermentación		Relac C/N
	Estiércol en % del peso vivo	Orina en % del peso vivo	% MST	% MSO	
Vacunos	5%	4%	15-16%	13%	20
Cerdos	2%	3%	16%	12%	13
Caprinos ovejás	3%	1 5%	30%	20%	30
Caballos	5%	4%	25%	15%	20
Avícolas Gallinas	4 5%	4 5%	25%	17%	5-8
Humanos	1%	2%	20%	15%	8

7.2.2 Utilización de desechos vegetales como material de fermentación

Normalmente se usan desechos agrícolas como paja, tamo, hojas, pasto, etc en la mayoría de los casos para alimentación de los animales o para otros productos agroindustriales o finalmente para compost

Sin embargo materiales vegetales frescos se pueden fermentar anaeróbicamente y varias veces, produce hasta más biogás que el derivado de la boñiga

Madera, leña y otros desechos vegetales con alto contenido de celulosa no pueden ser utilizados para la carga de una planta de biogás. También paja, hojas y en especial jacintos de agua sólo se pueden fermentar en determinadas plantas, previo tratamiento especial y bien picada, para evitar la formación de capa flotante

Por esas razones se aconseja utilizar desechos vegetales sólo como material aditivo a los desechos animales

Tabla No 2 Material Sólido (MST) y Material Orgánico Sólidos (MSO) de Algunos Desechos Vegetales y Posible Producción de Biogás en Litros por kg (MSO)

Material fresco	% MST	% MSO	lts gas x 1 kg MSO
Paja de arroz	89	93	220 litros
Paja de trigo	82	94	250 litros
Paja de maíz	80	91	410 litros
Hierba fresca	24	89	410 litros
Jacinto de agua	7	75	325 litros
Bagazo	65	78	160 litros
Des de verdura	12	86	350 litros
Des org cocina	15	10	250 litros

Tabla No. 3 Cálculo o Estimación de la Carga Orgánica Total (Biomasa) y Estimación de la Posible Producción Diaria de Biogás

a Desechos animales										
Tipo de Animales	No de Animales	Peso vivo promedio	Total peso vivo (kg)	% est x p v	kg de est / día	% Sol total orgánico	Kg MSO	Lts gas x 1 kg MSO	Prod gas litros	
Vacas, res				5%		13%		250		
Cerdos				2%		12%		350		
Chivas - ovejas				3%		20%		200		
Caballos				5%		15%		250		
Gallinas				4 5%		17%		400		
Humanos				1%		15%		300		
Total est. / día							kg	Total gas l/d		
b Desechos vegetales										
Paja de arroz					Cantidad de Desecho en kg/día	93%		220		
Paja de trigo					"	94%		250		
Paja de maíz					"	91%		410		
Hierba fresca					"	89%		410		
Jacinto de agua					"	75%		325		
Bagazo					"	78%		160		
Des verdura					"	86%		350		
Des org cocina					"	10%		250		
Total desechos veg. kg/d								Total gas lts/d		



8. Ejemplo Práctico de Diseño y Dimensionamiento de una Planta

Lugar En la cercanía del río , quebrada
(CVC cuenca del río)

Altura 1050 m sobre el nivel del mar

Temperatura max diurna 30°C
min nocturna 24°C
temp promedio 27°C

Terreno Colinoso con pendiente parcialmente fuerte

Energía existente por el momento ninguna

8.1 Posible Carga Orgánica (Biomasa):

Animales	No	Edad	Peso vivo promedio	PV total x est %	Est kg/d
Marranas de cría	10	2 años	120 kg	1200 2%	= 240
Lechones de cría	46	0-35 días	10 kg	460 2%	= 92
Lechones levante	44	35-95 días	30 kg	1320 2%	= 264
Cerdos de ceba	40	95-115 días	70 kg	2800 2%	= 560
*Vacas lecheras	4	2 años	400 kg	1600 5% 16 24	= 533
Cabras	10	1 año	20 kg	200 3%	= 60
Total estiércol diario					= 1749 kg < 175 kg
* Estabulación de las vacas 5 00 pm hasta 9 00 am = 16 horas/día					

Cantidad de Mezcla de Agua (Ma),

8% del sólido total (ST)

Total de 140 cerdos 1156 kg est /d x 16% = 185 kg ST
 4 vacas 533 kg est /d x 15 5% = 83 kg ST
 10 cabras 60 kg est /d x 30% = 18 kg ST

Total ST = 286 kg. ST

$$Ma = 8\% \text{ ST}$$

$$\frac{28,6 \text{ kg ST}}{(175 + Ma)} = \frac{8}{100}$$

$$\left(\frac{28,6 \cdot 100}{8} \right) - 175 = Ma = 182,5 \text{ aprox } 183 \text{ kg agua/día}$$

Biomasa diaria:

$$\text{Est } 175 \text{ kg/d} + \text{Ma } 183 \text{ kg/d} = 358 \text{ kg/día} = 0,36 \text{ m}^3/\text{día}$$

8.2 Posible Dimensionamiento del Biodigestor

Tiempo de retención (TR) elegido = 40 días

Volumen necesario $0,36 \text{ m}^3/\text{día} \times 40 \text{ días} = 14,4 \text{ m}^3$

V_D elegido $15,0 \text{ m}^3$

8.3 Dimensionamiento del Biodigestor

$$V_e V_c = 101$$

V_D sin repello

(~ 104% V_D)

$$15 \text{ m}^3 \times 1,04 = 15,6 \text{ m}^3$$

$$V_e = 14,18 \text{ m}^3$$

$$V_c = 1,42 \text{ m}^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3}{2\pi} \cdot 14,18} = \sim 1,89 \text{ m.}$$

$$hc = \frac{r}{5} = 0,378 \text{ m}$$

$$\text{ó } 1,42 \text{ m}^3 = \pi \cdot 1,89^2 \cdot \frac{hc}{3}$$

$$hc = \frac{1,42 \cdot 3}{\pi \cdot 1,89^2} = 0,38 \text{ m}$$

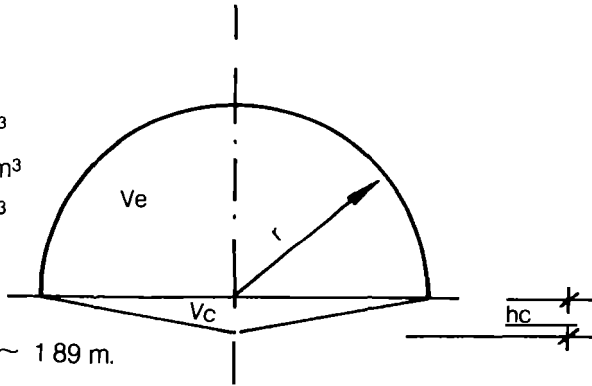
$$\text{Elegido } r = \underline{\underline{1,90 \text{ m}}}$$

$$hc = \underline{\underline{0,35 \text{ m}}}$$

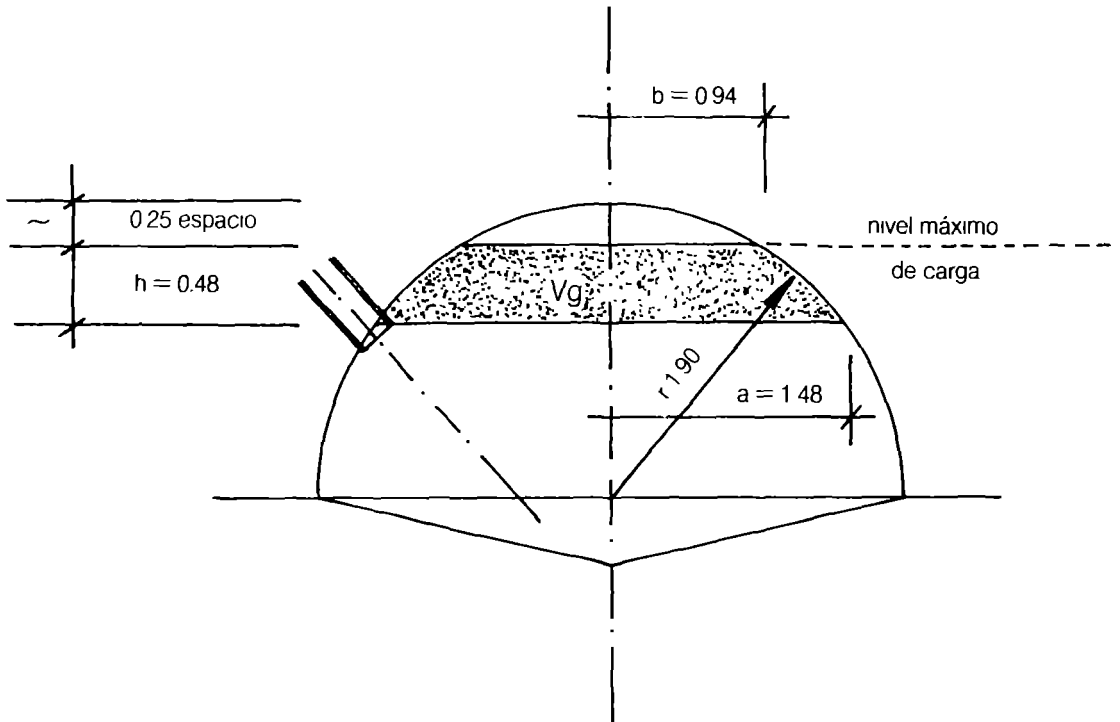
$$\text{Volumen } V_e = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot 1,90^3 = 14,37 \text{ m}^3$$

$$V_c = \pi \cdot 1,90^2 \cdot \frac{0,35}{3} = 1,32 \text{ m}^3$$

$$V_D = \underline{\underline{15,69 \text{ m}^3}}$$



8.4 Dimensionamiento del Tanque de Compensación Vc y Almacenamiento del Gas Vg



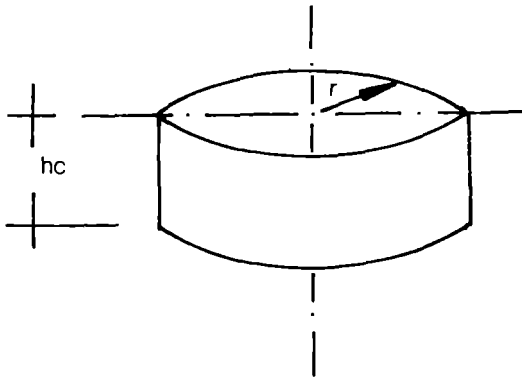
$$V_G = \frac{\pi h}{6} (3a^2 + 3b^2 + h^2)$$

$$V_G = \frac{\pi \cdot 0,48}{6} (3 \cdot 1,48^2 + 3 \cdot 0,94^2 + 0,48^2)$$

$$V_G = 0,251 (6,57 + 2,65 + 0,23)$$

$$V_G = \underline{\underline{2,37 \text{ m}^3}}$$

8.5 Tanque de Compensación



$$V_c = V_G = 237 \text{ m}^3$$

$$2,37 = \pi r^2 \cdot 0,52$$

$$r = \sqrt{\frac{2,37}{\pi \cdot 0,52}}$$

$$r = \underline{\underline{1,20 \text{ m}}}$$

$$Pr_g = 1,0 \text{ m CA}$$

$$\sim 1,0 \text{ m} - 0,48 = 0,52 \text{ m}$$

8.6 Posible Producción de Gas (estimado)

$$\text{Cerdos } 115,6 \text{ kg/d} \times 12\% = 139 \text{ kg STO} \times 350 \text{ lts/kg STO} = 4865 \text{ lts}$$

$$\text{Cabras } 6,0 \text{ kg/d} \times 20\% = 12 \text{ kg STO} \times 200 \text{ lts/kg STO} = 240 \text{ lts}$$

$$\text{Total biogás} = 5105 \text{ lts/d}$$

$$= \underline{\underline{5,1 \text{ m}^3}}$$

Ver Tabla anexa para los equipos y el consumo de biogás *Tabla No 7 (Página 43)*

9. Construcción de Plantas de Biogás

9.1 Forma y Carga Estática

Una planta de biogás debe ser impermeable al agua. El depósito de gas no debe tener fugas, por esas razones en una planta no se deben formar grietas, pero, obras de mampostería o de concreto están siempre expuestas a que aparezcan grietas. Si ello ocurre, se puede intentar que las grietas se mantengan pequeñas y se puede controlar en qué parte pueden aparecer.

Las grietas aparecen siempre en aquellos sitios, donde las tensiones por tracción son más fuertes. Tensiones por tracción se originan en fuerzas de tracción, flexión, desplazamientos, asentamientos y cambios de temperatura. Cuando se endurece el mortero o el concreto, se forman grietas por contracción.

Las tensiones son fuertes cuando las fuerzas "externas" son grandes. Las fuerzas "externas" son presión de tierra, presión hidráulica, peso propio y peso de carga. Las tensiones son muy fuertes en aquellas partes donde las fuerzas "internas" son muy grandes. Las fuerzas "internas" son fuerzas de flexión, fuerzas verticales, fuerzas de gravedad y fuerzas de torsión.

Con una forma de construcción apropiada, se pueden disminuir las fuerzas "externas". En una planta de biogás plana se forma menos presión hidrostática y menos presión de tierra. Ambas presiones dependen directamente de la altura.

Igualmente, se pueden disminuir las fuerzas "internas" con una forma de construcción apropiada. Si las fuerzas "externas" se suman en una sola dirección se forman grandes fuerzas "internas". Pero, si las "fuerzas externas" son repartidas en muchas direcciones, sólo se pueden formar pequeñas fuerzas "internas". Este es el caso de todas aquellas superficies curvas, los llamados cascós (*Ver figura 5*).

Se forman grietas en aquellos sitios donde las tensiones son fuertes. Por interferencias en el transcurso de las fuerzas se forman tensiones especialmente intensas, los llamados picos de tensión.

Estas interferencias se generan en los bordes, esquinas, ángulos y bajo peso o cargas concentradas. Se forman interferencias en la línea de intersección de superficies. Allí se forman grietas por picos de tensión.

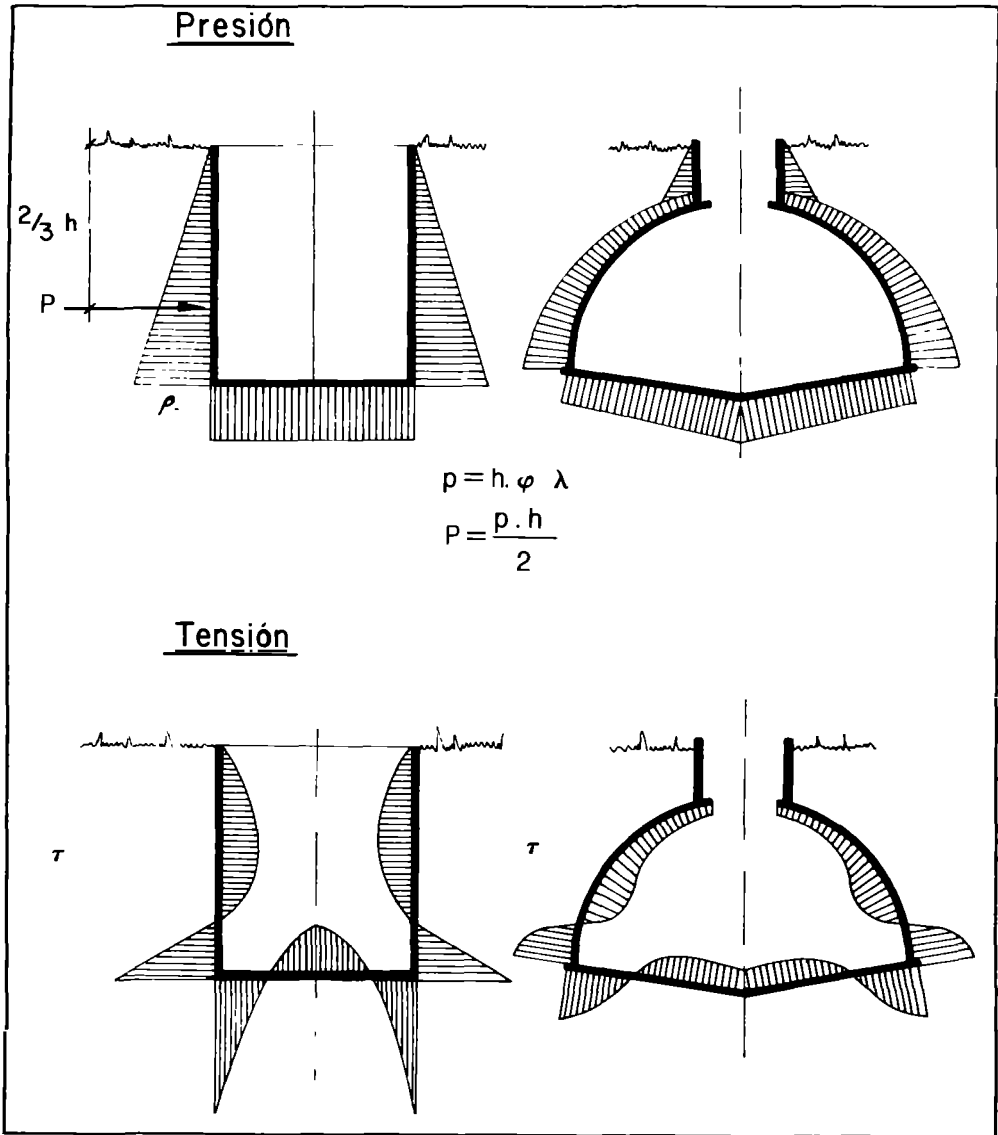


Figura 5 Representación de la presión y tensión

En construcciones angulares se forman los picos de tensión en las esquinas. Por eso, el digestor de una planta con cúpula fija, nunca debe tener una forma angular.

Se forman grietas también debido a tensiones de tracción. Si un elemento de la construcción es sometido a presión no se forman grietas. Toda la cámara de gas de una planta con cúpula fija, debe estar siempre bajo presión.

La presión hidrostática del cieno de fermentación está orientada hacia afuera. La presión de tierra está orientada hacia adentro. Si ambas presiones se presentan dentro del margen dado, se alivia la carga de la construcción.

En una construcción en forma de bóveda se presenta la carga desde afuera, aún cuando en la época seca, la tierra esté dura y agrietada (*figuras Nos 6, 7 y 8*)

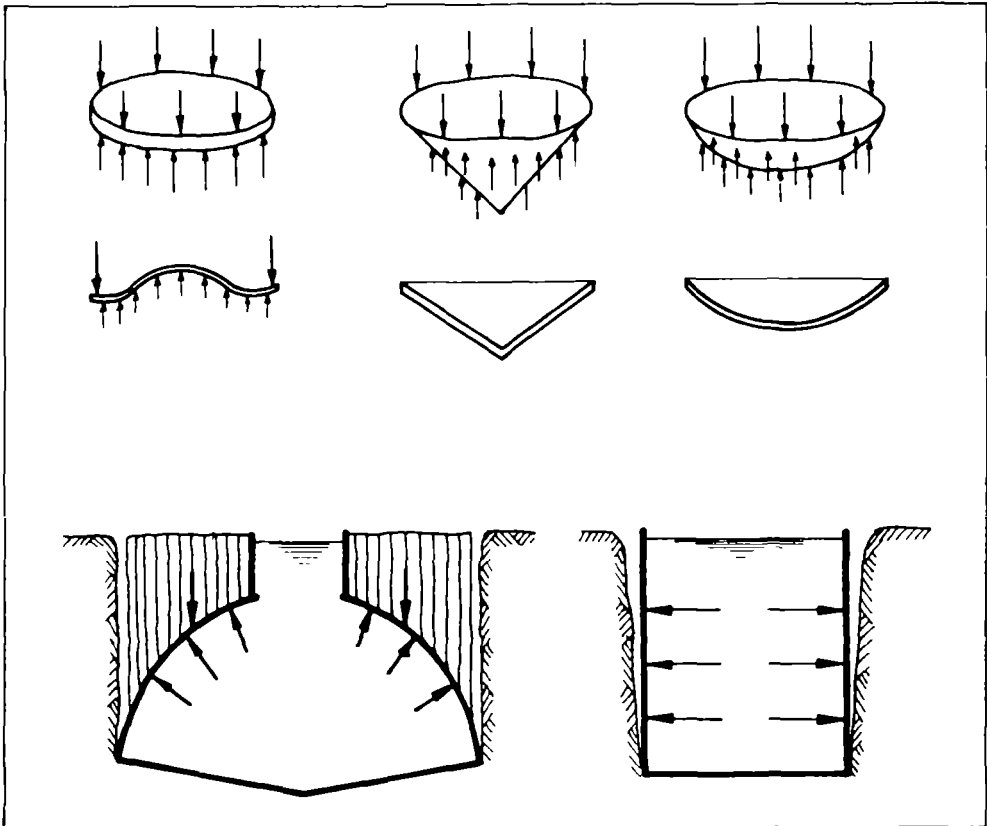


Figura 6 Distribución de fuerzas

Con la misma carga resultan a partir de las diferentes formas, diferentes gráficas de tensión (a y b)
 Las formas redondas muestran tensiones. La forma angular presenta fuertes tensiones y muchos picos de tensión. En formas desiguales la carga se reparte con frecuencia de diferentes maneras. En comparación con muros verticales, las construcciones en forma de bóveda pueden compensar con más seguridad las cargas orientadas en diferentes direcciones (c y d)

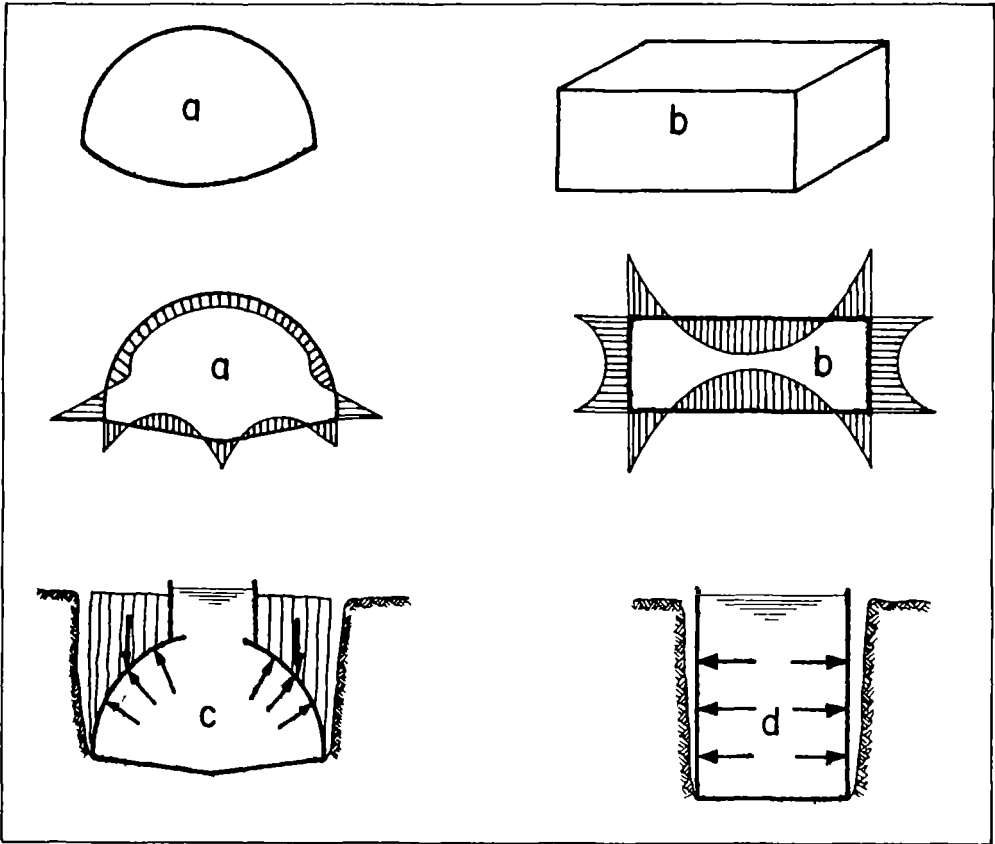
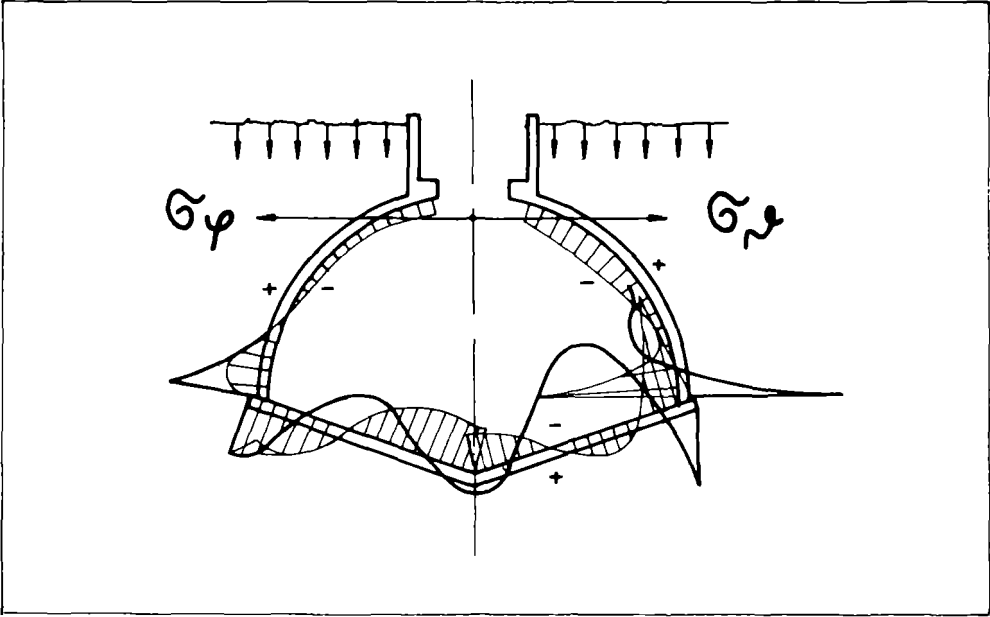


Figura 7 Igual volumen - diferente forma



Transcurso de las tensiones en una planta de cúpula fija con mampostería. Arriba en estado vacío. Abajo llena y con máxima presión de gas. Los picos de tensión descritos resultan del primer cálculo de aproximación. En la práctica son reducidos por deformaciones (con o sin agrietamiento). Tensiones de tracción positiva (+) no se presentan en la cámara de gas.

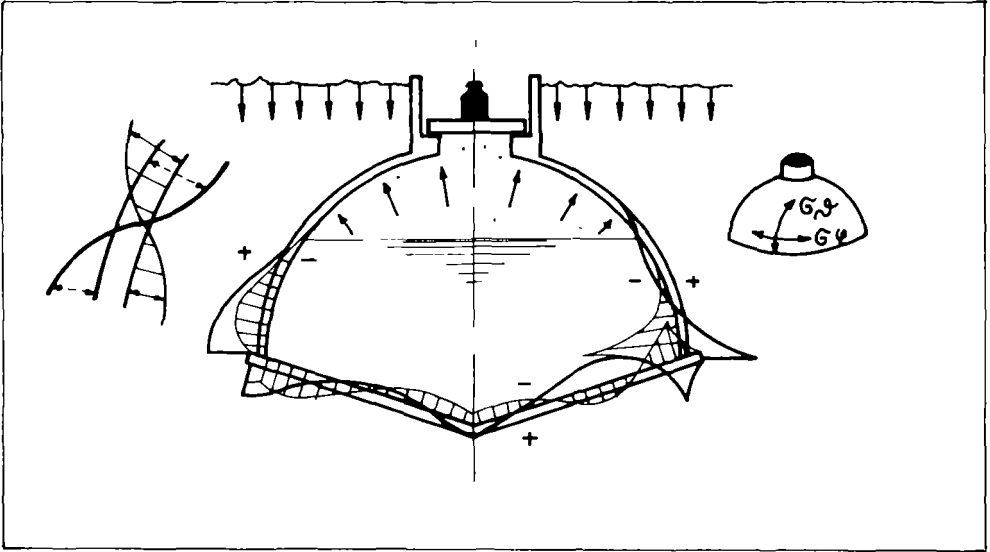


Figura 8

9.2 Construcción del Fundamento o Placa de Fondo

El peso del muro del digestor carga sobre el borde de la placa de fondo. Cascos redondos también cargan el peso de la tierra sobre los bordes. La placa de fondo reparte el peso sobre el terreno de cimentación.

Cuanto más grande sea la superficie de cimentación, menos se asienta la construcción. Cuanto más pareja sea la carga, más parejo es el asentamiento. Cuanto más parejo sea el asentamiento, menor el peligro de agrietamiento.

Un casco "rígido" reparte mejor el peso que una placa "blanda". El peso del cieno de fermentación presiona de manera uniforme sobre el terreno de cimentación. En un suelo de cimentación no uniforme (p. ej. si se encuentran fragmentos de roca en un suelo arcilloso) se reparten los pesos dentro de la placa de fondo. Si la placa de fondo es demasiado débil se rompe y ya no es impermeable.

Un casco "rígido" reparte mejor las cargas que una placa "blanda".

Un casco en forma de bóveda sería un fundamento ideal. Pero un casco cónico es mucho más fácil de excavar. Fuera de una estaca recta no se necesitan otras herramientas.

En la construcción de la placa de fondo se deben emplear materiales locales. Por razones de rentabilidad son convenientes:

- Piedras de mampostería con relleno de mortero de cemento y solado de cemento
- Mampostería de ladrillo con solado de cemento, o
- Concreto

Un anillo de acero (armadura en forma de anillo) en el borde exterior refuerza la capacidad de carga de la placa. En muchos casos este refuerzo no es necesario. Importante es que el terreno de cimentación sea firme y limpio. Si el terreno es arcilloso y lodoso, hay que poner una capa delgada de arena encima.

9.3 Construcción del Casco esférico de Mampostería

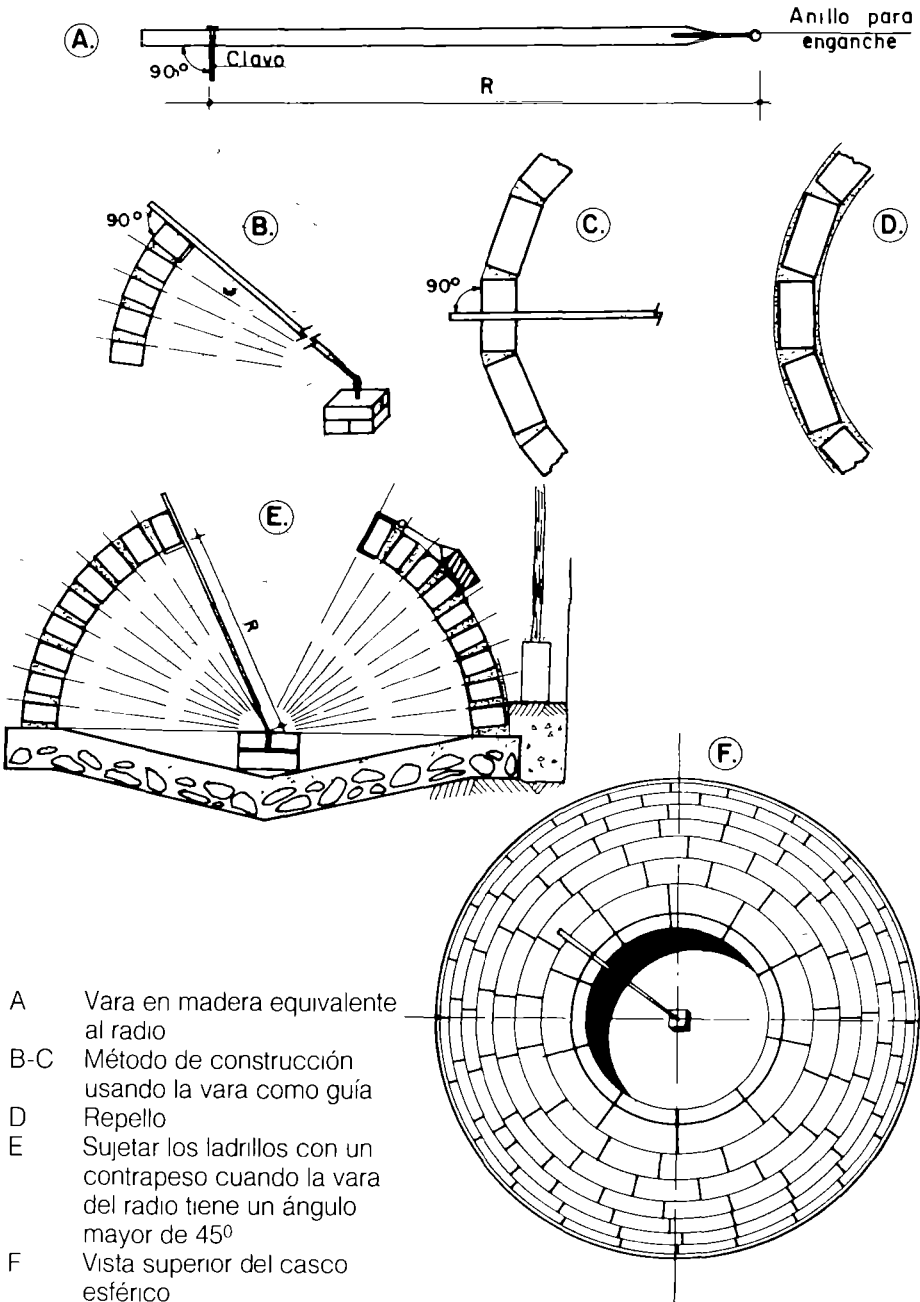
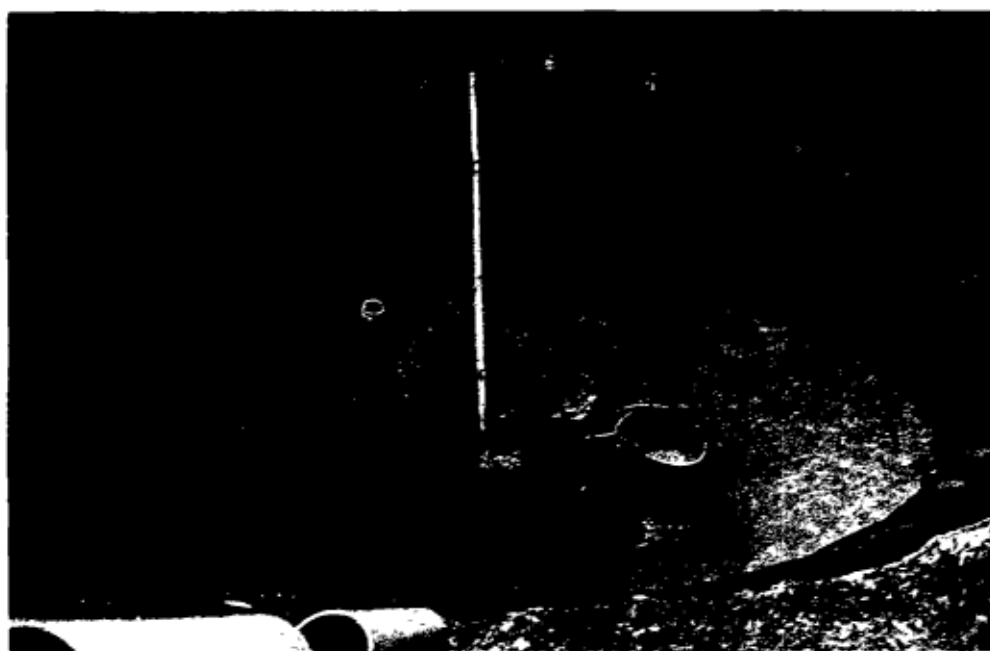


Figura 9 Construcción del casco esférico

*Primera y segunda planta
construidas en La Robleda,
Cauca construcción del
casco esférico de mampos-
tería con la vara de guía*



10. Composición del Biogás y su Utilización

10.1 Composición del Biogás

El biogás lo constituye una mezcla de gases combustibles y su composición depende del tipo de material orgánico utilizado para su producción y de las condiciones en que se procesa

Tabla No 4 Composición Química del Biogás

Componente	Demanda Química	% Aproximado
Metano	CH ₄	60 - 70
Gas carbónico	CO ₂	30 - 40
Hidrógeno	H ₂	10
Nitrógeno	N ₂	05
Monóxido de carbono	CO	01
Oxígeno	O ₂	01
Acido sulfhídrico	H ₂ S	01

Para el valor energético de biogás en comparación con otros combustibles y la utilización, como el consumo del biogás, véase las tablas anexas

Tabla No 5 Valor Energético del Biogás en comparación con otros combustibles

Combustible	Unidad [U]	Poder Calorífico en Kwh/u	Rendimiento η en %			
			Cocinar	Fuerza Motriz	Luz	Calefacción
Corriente Eléctrica	K w h	1	60%	90%	5%	—
Propano	Kg	13.9	60%	20%	3%	—
Gasolina	Lt	130	—	25%	—	—
Petróleo	Lt	120	—	—	—	60%
A.CPM (Diesel)	Lt	120	—	30%	—	—
Carbón Mineral	Kg	9	30%	—	—	—
Madera	Kg	5	12%	—	—	—
Biogás	m ³	6	60%	20%	3%	—

Tabla No 6 Características de los Gases Combustibles en Comparación con el Biogás

Clase de gas	Composición Componentes	%	Poder calorífico kwh/m ³	Densidad rel aire = 1 p = 1 2 kg por m ³	Vel de la llama cm/s	Demanda de aire m ³ /m ³
Metano	CH ₄	100	9 94	0 554	43	9 5
Propano	C ₃ H ₈	100	25 96	1 560	57	23 8
Butano	C ₄ H ₁₀	100	34 02	2 077	45	30 9
Gas natural	CH ₄ , H ₂	65, 35	7 52	0 384	60	7 0
Gas de ciudad	H ₂ , CH ₄ , N ₂	50, 26,	4 07	0 411	82	3 7
Biogás	CH ₄ , CO ₂	60, 40	5 96	0 940	40	5 7

10.2 La Utilización del Biogás

El biogás puede ser utilizado como cualquier otro gas combustible. Mezclas de biogás con aire en una relación de 1:20 forman detonante altamente explosivo. Se debe tener cuidado con tuberías de gas que tengan fugas. Empero, hasta ahora no se ha informado sobre explosiones peligrosas causadas por el biogás.

El poder calorífico del biogás es de 6 KWh/m³, lo cual equivale más o menos a medio litro de diesel. El poder calorífico aprovechable depende del rendimiento de los quemadores o de los aparatos.

El rendimiento es bueno, si por ejemplo un litro de agua hierve rápidamente. Este proceso es más largo si el quemador no está bien regulado, en tal caso, el rendimiento es bajo. El suministro de aire influye considerablemente sobre el rendimiento. Una presión de gas de 5 hasta 20 cm columna de agua, es la más apropiada para cocinar. Las lámparas necesitan unos 10 cm C.A. de presión.

El ácido sulfhídrico del biogás con el agua condensada forma ácidos corrosivos. Sobre todo, refrigeradores y artefactos para agua caliente son sensibles a esos ácidos. La cámara de combustión y los quemadores deben estar hechos de acero colado, de acero especial o de esmalte.

Con ayuda de un filtro a base de óxido de hierro, se puede purificar el biogás, eliminando el azufre.

$(\text{FeO} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{FeS} + \text{H}_2\text{O}; 2 \text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{FeO} + 2\text{S})$ Si se tiene una gran cantidad de gas se debe invertir mucho trabajo para reemplazar la masa del filtro. En este caso se deben usar artefactos de acero especial (sin filtrar) aun siendo éstos de costo elevado.

Para la utilización del gas en motores no es necesario filtrar el biogás. La presión del gas puede ser baja porque los motores succionan el gas. En plantas sencillas, generalmente no

es conveniente usar el gas para accionar motores. Tampoco es rentable licuefacer el biogás.

Tabla No 7 Utilización y Consumo de Biogás

Equipo	Consumo de Biogás en litros/hora
Hornillas de cocina	150 - 200 lts /hr
fogón para cocinar alimentos de los animales o frutas	300 lts /hr
lámpara de gas equivalente a una bombilla de 60 W	100 lts /hr
calentadores para lechones o cría de levante	250 lts /hr
calentadores para cría de pollos	150 lts./hr
nevera de absorción de amoníaco	0.3 - 0.8 $\frac{\text{lts. biogás}}{\text{lts vol nevera x día}}$
motor biogás - diesel por b h p	420 lts /hr
producción de 1 KWh de corriente eléctrica con una mezcla biogás-diesel	700 lts /hr

Las tuberías de gas pueden estar hechas de acero, cobre, caucho o plástico (PVC). Se debe tener presente que las mangueras de caucho se vuelven rápidamente porosas y permeables con los rayos solares. Mientras más larga sea la tubería de gas, mayor será la caída de presión. La tubería de gas debe estar provista de una espita para eliminar el agua de condensación.

Según experiencia práctica local, se podría eliminar el gas carbónico haciendo burbujear el biogás a través de agua, el ácido sulfhídrico haciéndolo burbujear a través de una solución de soda cáustica en agua que contiene sulfato de cobre disuelto. Por experiencia hecha en el programa GTZ-Oekotop en África, se puede reducir el ácido sulfhídrico inyectando una cantidad específica de aire en el depósito de almacenamiento de gas (como en la campana flotante o en la bolsa plástica de la planta balón tipo Oekotop).

Sin embargo, el sistema más sencillo y común, como hemos dicho anteriormente, es de reducir el sulfuro de hidrógeno pasando el biogás por una trampa de limadura de hierro o una esponjilla de brillo.

(Ver figura No 10)

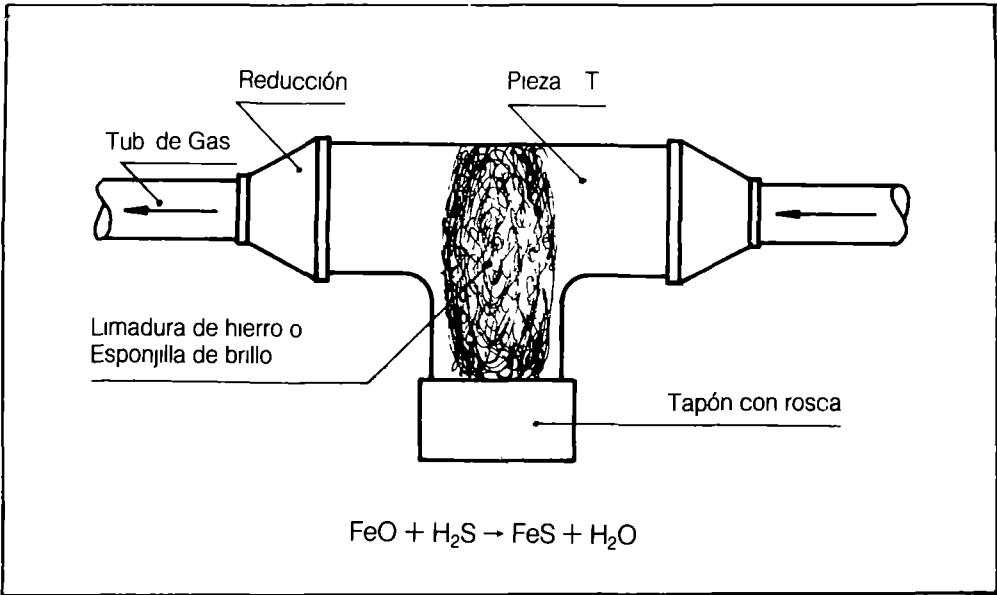


Figura 10 Filtro de gas para retener el sulfuro de hidrógeno

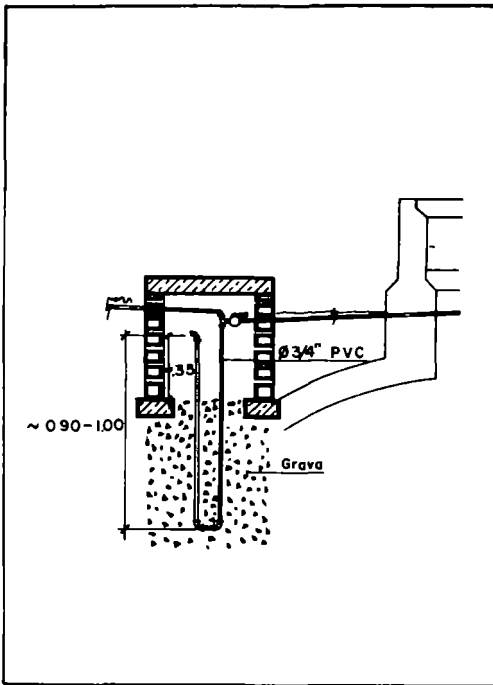


Figura 11A Trampa para la condensación del Agua

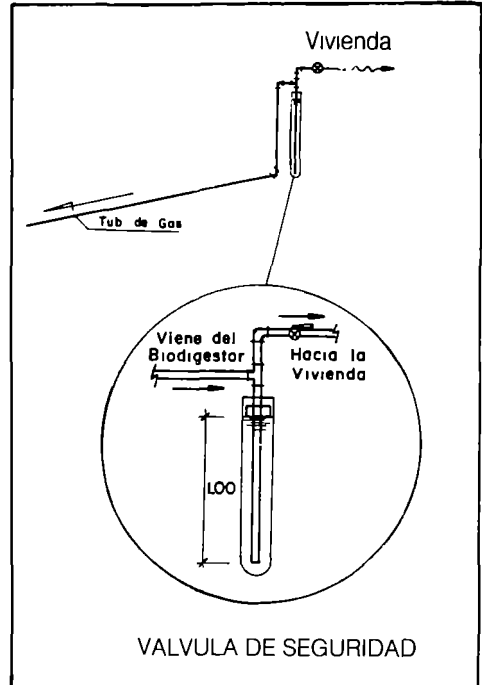


Figura 11B Válvula de Seguridad

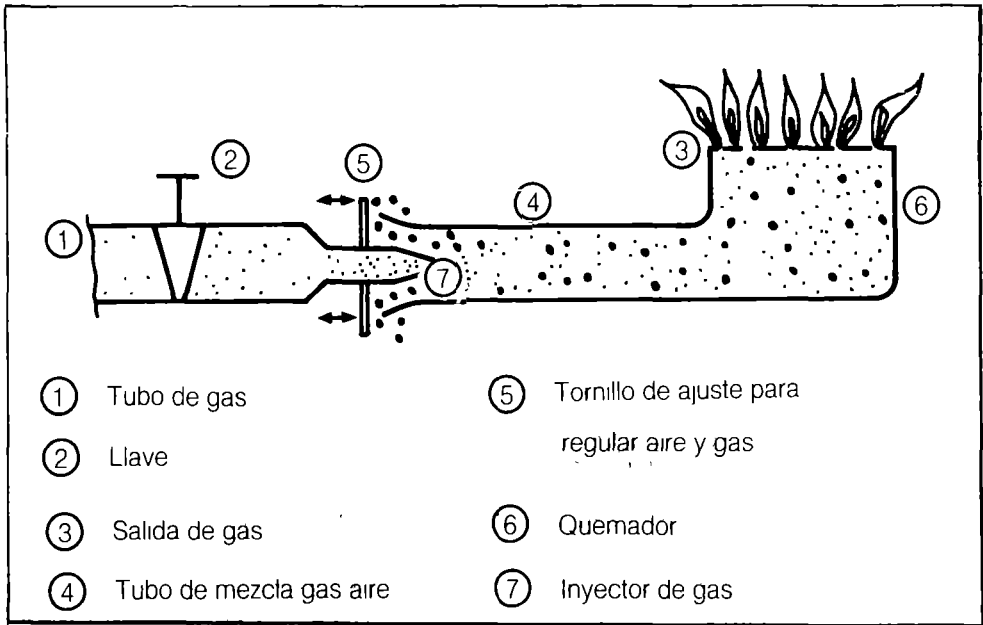
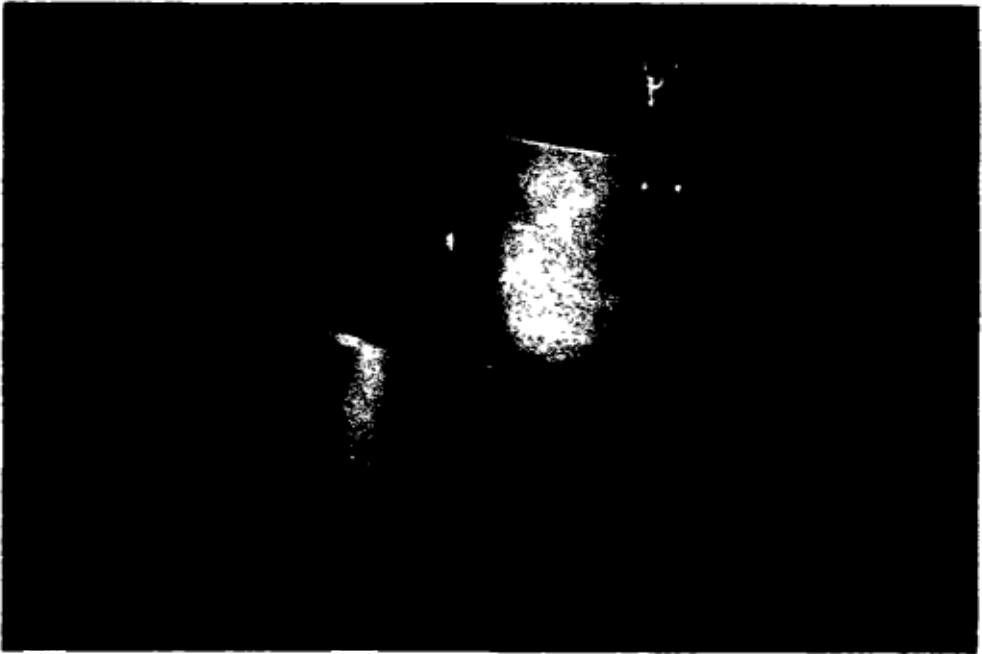


Figura 12 Esquema de un quemador a gas

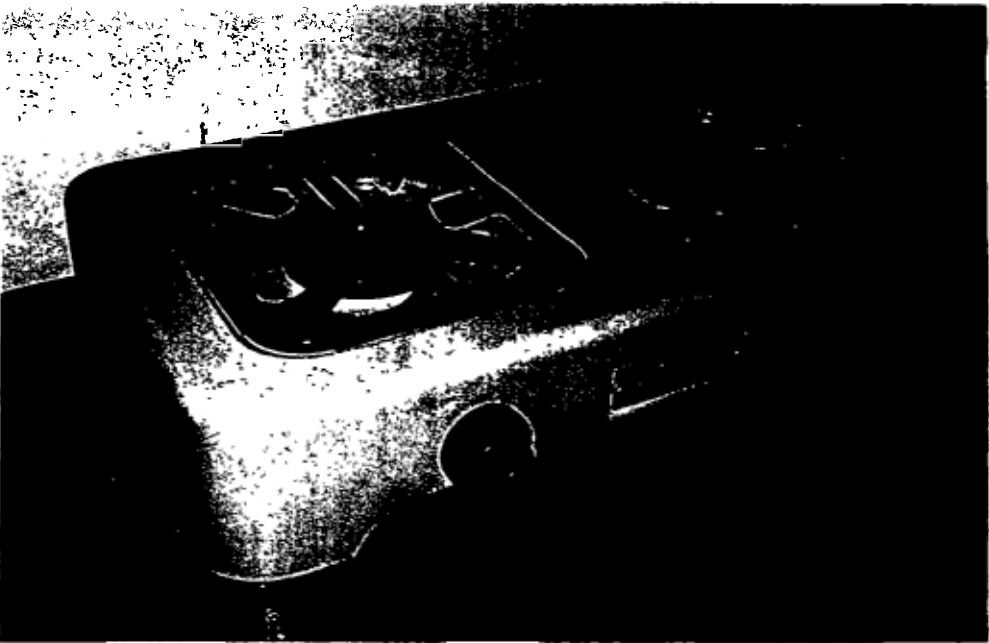


Fogón sencillo adaptado por campesino para uso del biogás

10.3 Aparatos Operados a Biogás



1 Equipo de biogás importado del Brasil por CVC para la utilización del biogás



2 Estufa de propano de fabricación nacional adaptada para el uso del biogás y gas natural en la Costa Atlántica



Estufa de biogás utilizada por familias en la zona rural del Cauca



Calentador a biogás para granja de pollos



Calentador a biogás para lechones

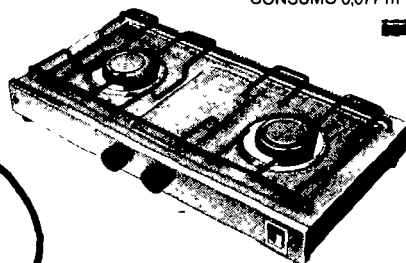
JACKWAL BIOGÁS



Lampião Arandela
POTÊNCIA 300 VELAS
CONSUMO 0,105 m³/h

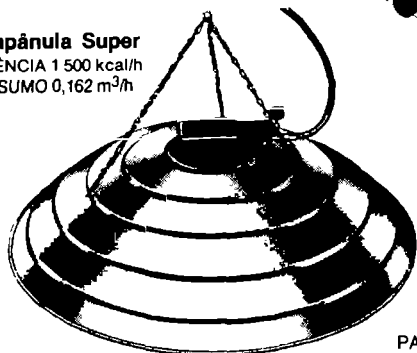


Queimador de Geladeira
POTÊNCIA 460 kcal/h
CONSUMO 0,077 m³/h

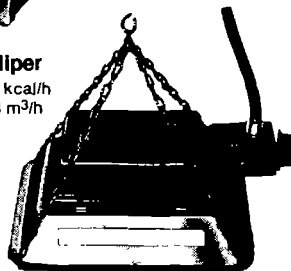


Fogão Portátil
(C/2 QUEIMADORES)
POTÊNCIA 3 000 kcal/h
CONSUMO 0,500 m³/h

Campânula Super
POTÊNCIA 1 500 kcal/h
CONSUMO 0,162 m³/h



Campânula Hiper
POTÊNCIA 3 000 kcal/h
CONSUMO 0,324 m³/h



REGULADOS
PARA TRABALHAR
A PRESSÃO DO BIOGÁS
ACIMA DE 150mm DE COLUNA D'AGUA

Instale aparelhos de queima Jackwal e tire o máximo rendimento da energia mais barata que existe.

**METALÚRGICA
JACKWAL LTDA.**



FÁBRICA: GRAVATAÍ - Distrito Industrial - Eixo Principal - Fones (0512) 88 1422
Telex 051-2847 LORY - Caixa Postal, 173 - End Tel JACKWAL - CEP 94000 - RS
ESCRITÓRIOS: SÃO PAULO - Rua Braz Cardoso, n.º 674 - Vila Nova Conceição
Fone: (011) 61 8495 - Caixa Postal, 1886 - CEP 04510 - SP - **RIO DE JANEIRO** - Av. 13 de Maio, n.º 47
s/1102 - Largo da Carioca - Fone. (021) 220 2449 - CEP 20002 - RJ

studio

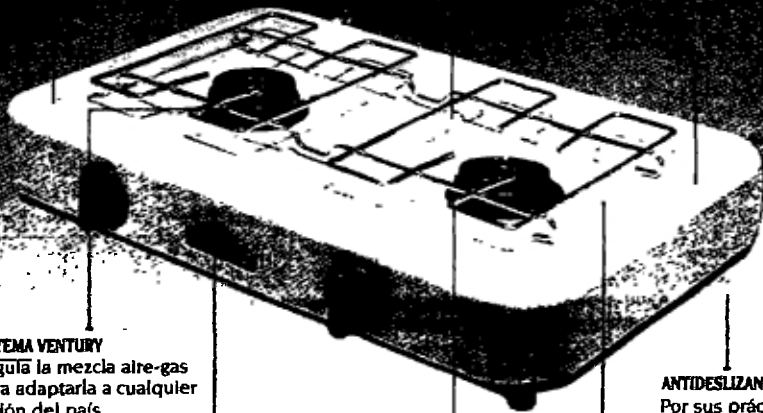
Publicidad de diferentes productos para utilización del biogás de un fabricante brasileño



ORKOTOP

NUEVA

**estufa
a gas**



SISTEMA VENTURY
Regula la mezcla aire-gas
para adaptarla a cualquier
region del pais

ANTIDESLIZANTE
Por sus practicas
patas de caucho

ESTUFA MAS RAPIDA Y ECONOMICA
Su parrilla de alambre
permite que mas calor
llegue a la olla

LLAMA AZUL
Marca con mas de
40 años de
experiencia

PARRILLA CROMADA
Sólidamente asegurada
por sistemas de perforación
al cuerpo de la estufa

OTRO PRODUCTO

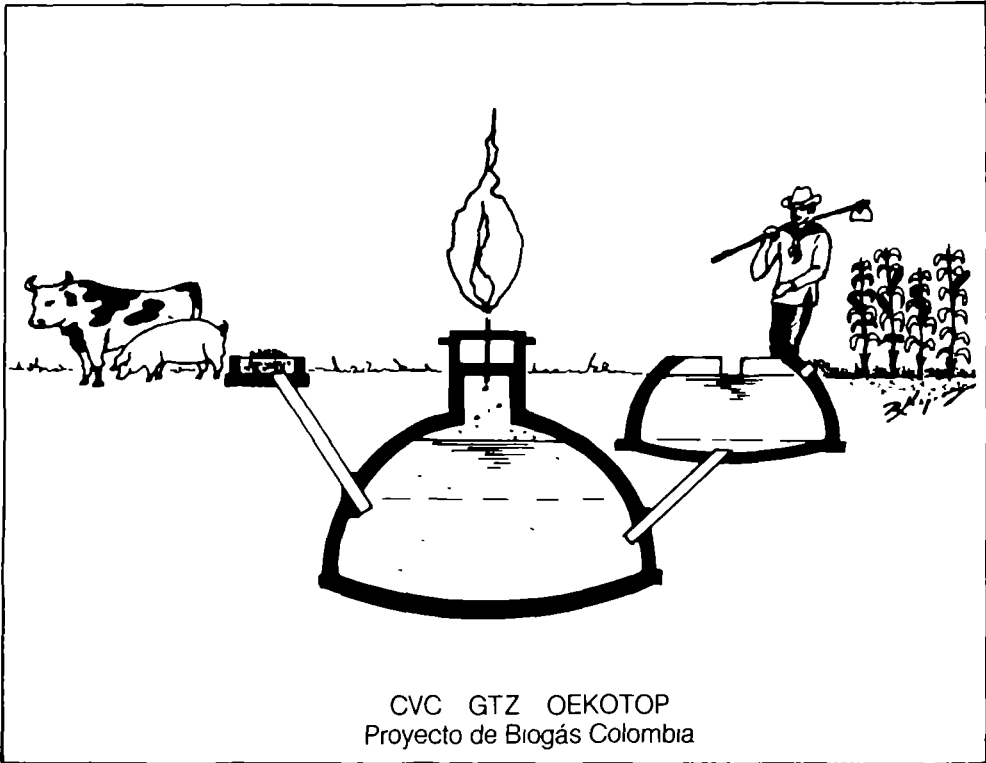
*** Referencia G2**



MAS DE 40 AÑOS DE EXPERIENCIA Y TRADICION

Publicidad de estufas de gas fabricadas en Colombia y de fácil adaptación al biogás

11. Resumen de las Obras Cumplidas



11.1 Obras cumplidas - Convenio Colombo Alemán CVC-GTZ

Tabla No 8 Plantas construidas y operantes hasta la fecha

No	Nombre	Localización	Tipo de establecimiento agropecuario	Tipo de biomasa o cantidad de animales	Caudal de desechos o biomasa	Volumen del bio-digestor	Modelo de planta	Costo de construc	Fecha de construc
1	Fundaec	Sector La Roble- da, Caloto Cauca	Porcícola	400 cerdos	1000 kg/d	43 m ³	Campana flotante	\$800 000	Mayo 1986
2	Predio Sr Angel Viáfara	Sector La Roble- da, Caloto, Cauca	Porcícola	60 cerdos	270 kg/día	10 4 m ³	Cúpula fija	\$190 000	Agosto 86
3	Predio Sr Fran- cisco Campos	Sector La Roble- da, Caloto, Cauca	Varios	6 cerdos, 6 cabras, aguas resi- duales	50 kg/día	6 4 m ³	Cúpula fija	\$100 000	Agosto 86
4	Predio Las Brisas del Lago	Candelaria Palmira, Valle	Porcícola	900 cerdos	1625 kg/día	54 m ³	Doble túnel en bóveda	\$770 000	Enero 87
5	Predio Sr Luis Alfonso Marín	Miranda, Cauca	Porcícola	95 cerdos	120 kg/día	10 m ³	Cúpula fija	\$140 000	Mayo 87
6	Finca Dr Armando Hurtado	Potrerillo, Palmira, Valle	Porcícola Vacuno	160 cerdos 6 reses	230 kg/día 50 kg/día	21 3 m ³	Cúpula fija	\$263 500	Julio 87
7	Finca demos- trativa Corpo- nariño	Túquerres, Nariño	Vacunos	13 reses	230 kg/día	21 3 m ³	Cúpula fija	\$260 000	Sept 87

Véase en las siguientes páginas, algunas de las plantas construidas (No 1 hasta No 7)

11.2 Convenio Colombo Alemán CVC-GTZ, Plantas en construcción hasta la fecha

Tabla No 9

No	Nombre	Localización	Tipo de establecimiento agropecuario	Tipo de biomasa o cantidad de animales	Caudal de desechos o biomasa	Volumen del bio-digestor	Modelo de planta	Costo de construc estimado	Fecha de inicio construc
8	Predio Sr Jorge Ernesto Villegas	Jamundi, Valle del Cauca	Vacunos	60 vacas 10 terneros	750 kg/día	52,4 m ³	Balón plástico	160 000 130 000	Setp 87
9	Predio Sr J Tiburcio Toro	La Buitrera Cali, Valle	Porcícola y matadero	55 cerdos 2 anim sac/ sem A R	174 kg/día 71 kg/día 3000 kg/d	6,5 m ³	Cúpula fija con retención de lodo	450 000	Sept 87
10	Predio Sr Jaime Martínez	Río Lily vía La Buitrera, Cali, Valle	Porcícola y parcialmente caprino, vacuno	140 cerdos 10 cabras 4 cabras	375 kg/día	15 m ³	Cúpula fija	300 000	Sept 87
11	Predio Sr Hernando Mosquera	Miranda Cauca	Porcícola	550 cerdos	1190 kg/día	490 m ³	Campana flotante	—	Sept 87

Desde el año 1986 hasta la fecha, están diseñadas y/o planeadas nuevas plantas para distintos usuarios Algunas de éstas, que están localizadas en otros departamentos como Tolima, Cundinamarca, Córdoba, etc., se encuentran en distintas fases de realización, algunas todavía en planeación y/o en la fase de financiación (prácticas para préstamos bancarios, etc.), o en construcción ya adelantadas A razón del personal del proyecto, muy limitado, es difícil actualizar el estado de todas las plantas diseñadas y/o planeadas hasta la fecha Ver la siguiente Tabla 10

11.3 Convenio Colombo Alemán CVC GTZ - Plantas diseñadas y/o planeadas hasta la fecha

Tabla No. 10

No	Nombre	Localización	Tipo de establecimiento agropecuario	Tipo de biomasa o cantidad de animales	Caudal de desechos o biomasa	Volumen del digestor	Modelo de planta	Costo de construcción estimado	Fecha de la planeación
(1)	Predio Sr Anibal Cardona	Sector El Aguacatal, Cali, Valle	Rallandería (yuca) porcícola	120 bits afrecho, 144 cerdos, 7 reses y 4 chivas	450 kg/día 100 kg/día	27 m ³	Cúpula fija	—	Sept 1986
(2)	Hoechst Colombiana	Rozo, Palmira Valle	Vacuno	80 reses	2800 kg/día	120 m ³	Tipo balón	—	Dobre 1986
(3)	Predio Sr Luis A Marín	Cgto La Buitrera Cali, Valle	Porcícola	202 cerdos	302 kg/día	12,7 m ³	Cúpula fija	—	Oct 1986
(4)	Finca Hnos. Angarita	Arnero, Tolima	Vacuno	31 vacas	408 kg/día	32,6 m ³	Cúpula fija	—	Nov 1986
(5)	Plan de Padrinos	Cgto San Antonio, Jamundí	Porcícola	80 cerdos 2 p adultos 6 niños	100 kg/día	8,0 m ³	Cúpula fija	—	Abril 1987
(6)	Predio Sr Harold Fey	Bogotá, Cundinam	Porcícola caprinos aves	10 cerdos 10 cabras 100 gallinas	88 kg/día	4,0 m ³	Cúpula fija	—	Mayo 1987
(7)	ICA - Centro Nacional de Invest	Palmira, Valle	Porcícola	670 cerdos	1.475 kg/día	60 m ³	Se estudian 2 alternativas	—	Mayo 1987 Sept 1987

Sigue

Tabla No. 10 (Continuación)

No	Nombre	Localización	Tipo de establecimiento agropecuario	Tipo de biomasa o cantidad de animales	Caudal de desechos o biomasa kg/día	Volumen del digestor	Modelo de planta	Costo de construcción estimado	Fecha de planeación
(8)	ICA - Centro Nacional de Invest	Turipaná Montería Córdoba	Vacunos	120 vacas 120 terneros	1 000 kg/día	40 m ³	Se estudian 2 alternativas	—	Mayo 1987 Sept 1987
(9)	Finca Sr Arcesio Diaz	Río Nima Cgto Tenjo Palmira, Valle	Porcícola vacunos	213 cerdos 10 vacas	980 kg/día	40 m ³	Posible doble cúpula fija	—	Sept 1987
(10)	Predio Sr Fermín Blanco	Cgto El Guabal, Jamundi, Valle	Vacunos	40 vacas	900 kg/día	36 m ³	Balón plástico	—	Sept 1987
(11)	Predio Sr Honorio Arellano	Candelaria, Valle	Porcícola	1000 cerdos	2032 kg/día	80 m ³	Doble túnel en bóveda	—	Sept 1987

11.4 Algunos planos y fotografías de plantas construidas.

Primera Planta

Nombre	"FUNDAEC" Fundación para la Aplicación y Enseñanza de las Ciencias
Localización	Sector La Robleda, Caloto Depto Cauca
Tipo de establecimiento agropecuario	Porcícola
Tipo de animales	400 cerdos
Caudal de desechos	1000 kg e /día
Tipo de planta	Campana flotante
Volumen del biodigestor	43 m ³
Producción de gas estimado	~ 24 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	7 m ³
Costo de construcción	\$ 620 000 planta \$ 180 000 campana metálica
Tiempo de construcción	3 meses y medio

Esta primera planta piloto se caracterizó por su largo período de construcción, debido a la lluvia que hizo aumentar el tiempo y costo estimados. La campana metálica fue construida en un taller mecánico de Cali, con un costo de \$ 180 000 oo incluido soportes en hierro, pintura anticorrosiva, etc. Los costos de la obra fueron financiados, en parte, por el proyecto Colombo Alemán y en parte por el propietario, Fundaec.

Ver en las páginas siguientes planos y fotos de la misma.

Primera Planta
 FUNDAEC
 La Arrobleda - Caloto
 (Cauca)

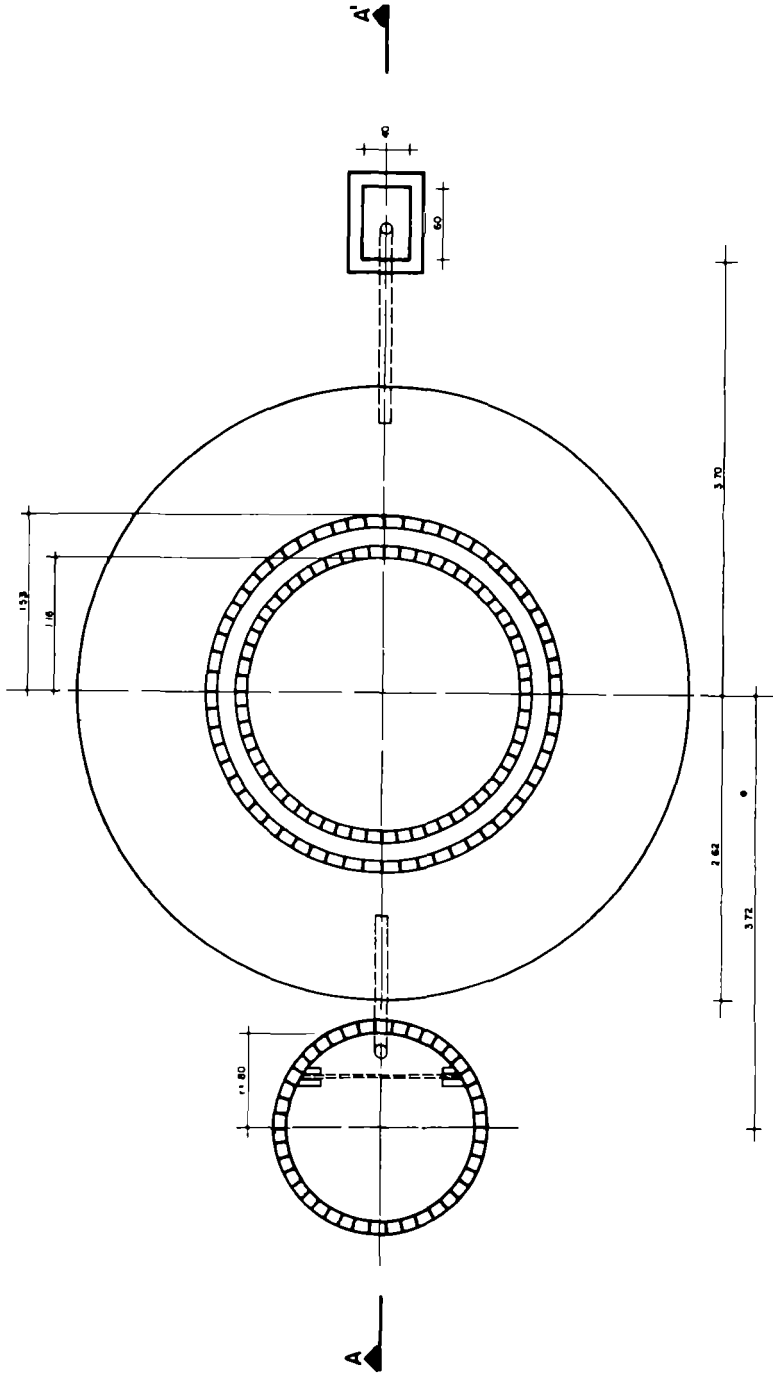


Figura 13 Planta

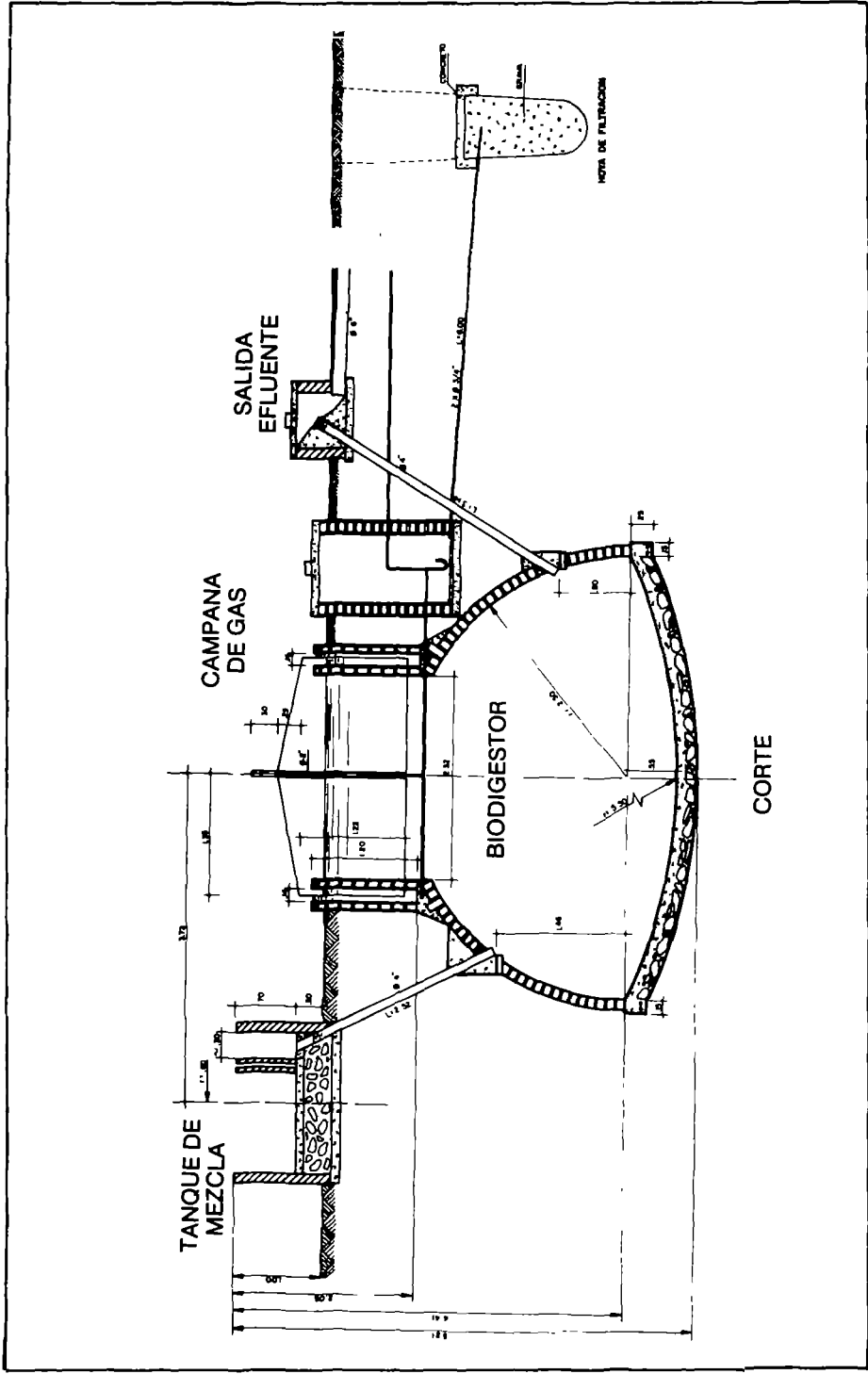


Figura 14 Primera Planta de biogás construida por el proyecto, para FUNDAEC, La Arrobleda - Caloto (Cauca)

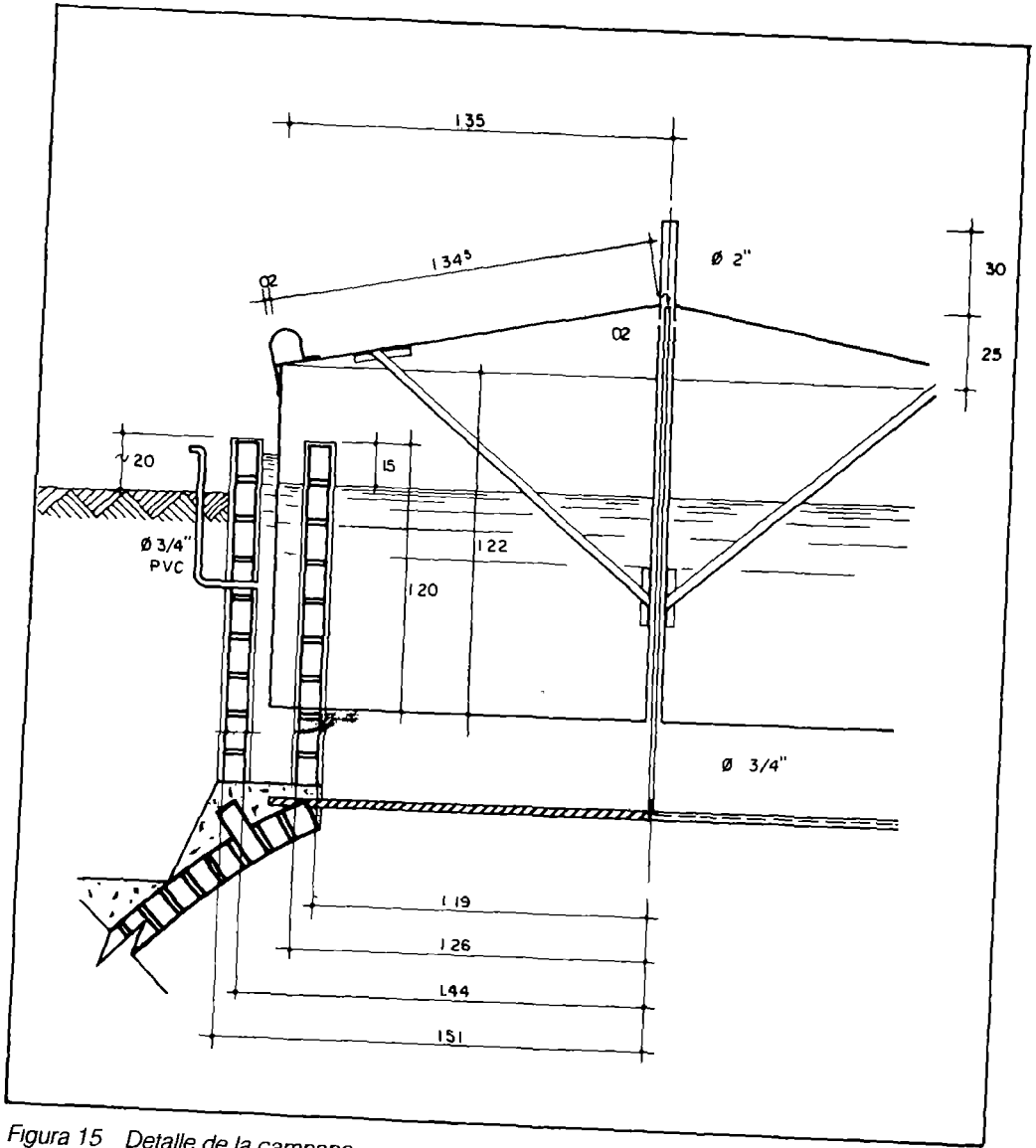
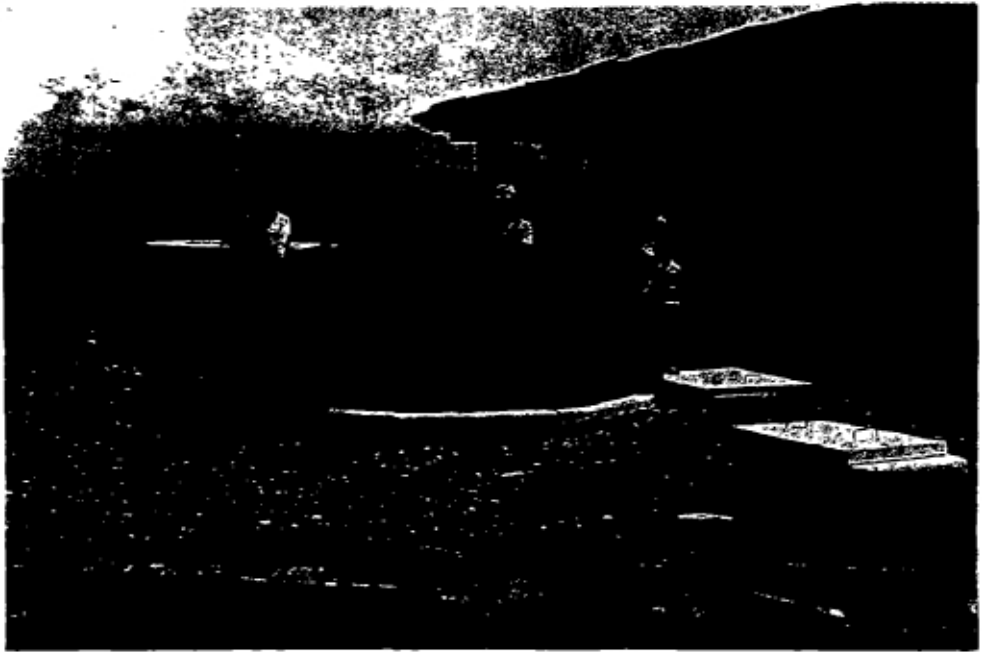


Figura 15 Detalle de la campana.



*Detalles construcción planta de biogás
en Fundaec - La Robleda, Cauca*





Otros aspectos de la planta de biogás en Fundaec - La Robleda, Cauca



Fase final de la construcción de la planta de biogás de Fundaec



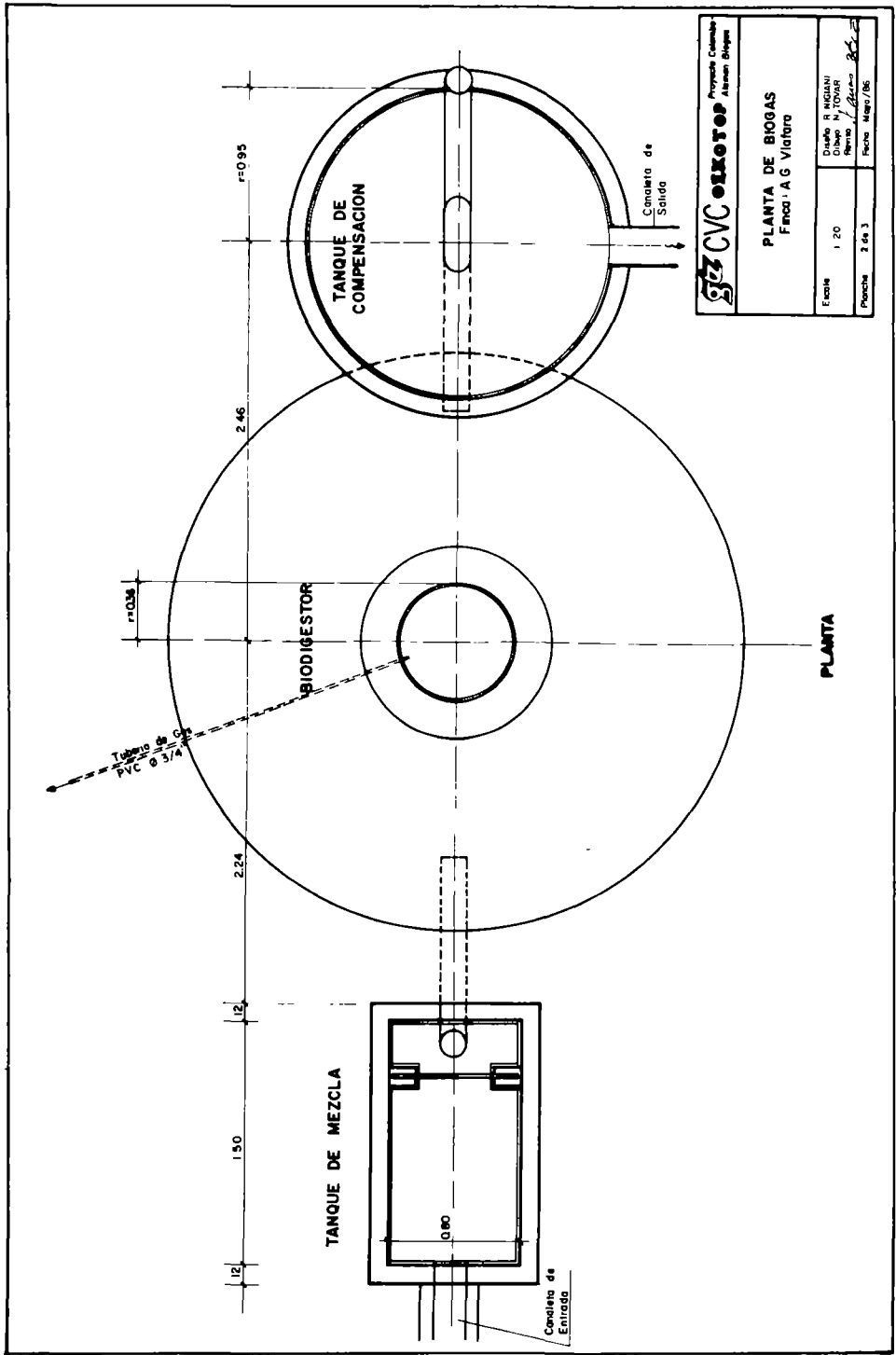
*Instalación de
la campana
metálica para
el almacena-
miento del gas*

Segunda Planta

Nombre	Predio Sr Angel Viáfara
Localización	Sector La Robleda, Caloto, Cauca
Tipo de establecimiento agropecuario	Porcícola
Tipo de animales	60 cerdos
Caudal de desechos	270 kg e/día
Tipo de planta	Cúpula fija
Volumen del biodigestor	10.4 m ³
Produc de gas estimado	5.0 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	1.9 m ³
Costo de construcción	\$ 190.000
Tiempo de construcción	6 semanas

Esta planta representa el caso típico para la aplicación de la tecnología del biogás en el ámbito rural, para un pequeño usuario con un caudal de desechos agroindustriales no muy alto y con limitados recursos económicos

La producción de gas de esta planta es suficiente para cubrir las necesidades diarias de energía para la cocción de un pequeño núcleo familiar y para el alumbrado. La obra fue financiada en parte por el proyecto y en parte por el usuario.



gcz CVC oskotec Proyecto Consultivo Alcanen Biogas

PLANTA DE BIOGAS
Finca: G Viatoro

Fecha	1 20
Diseño	E. REGALAN
Dibujo	H. TORRES
Revisión	J. GARCIA
Fecha	14 Mayo / 86

Planche 2 de 3

Figura 16 Segunda Planta

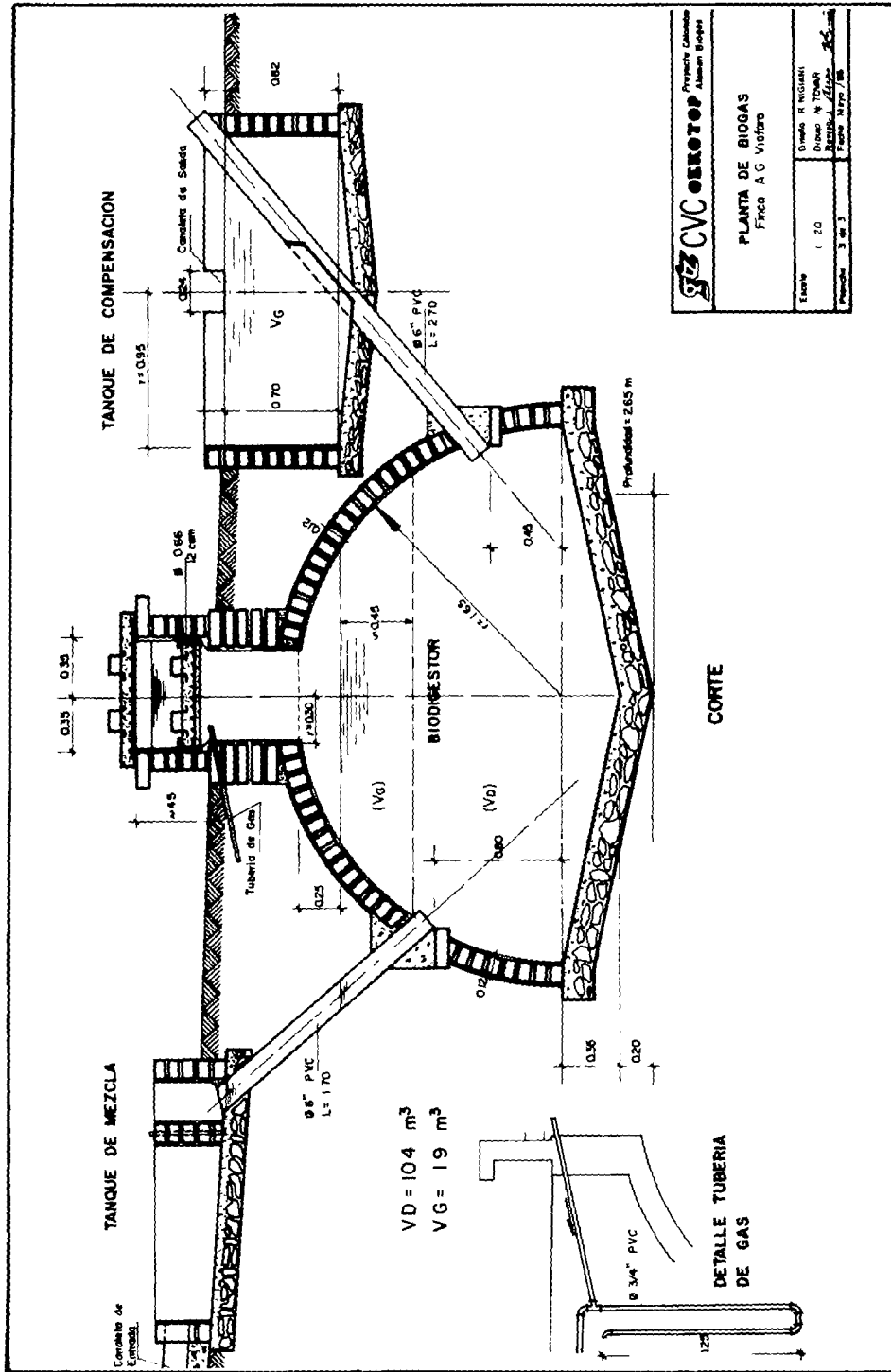
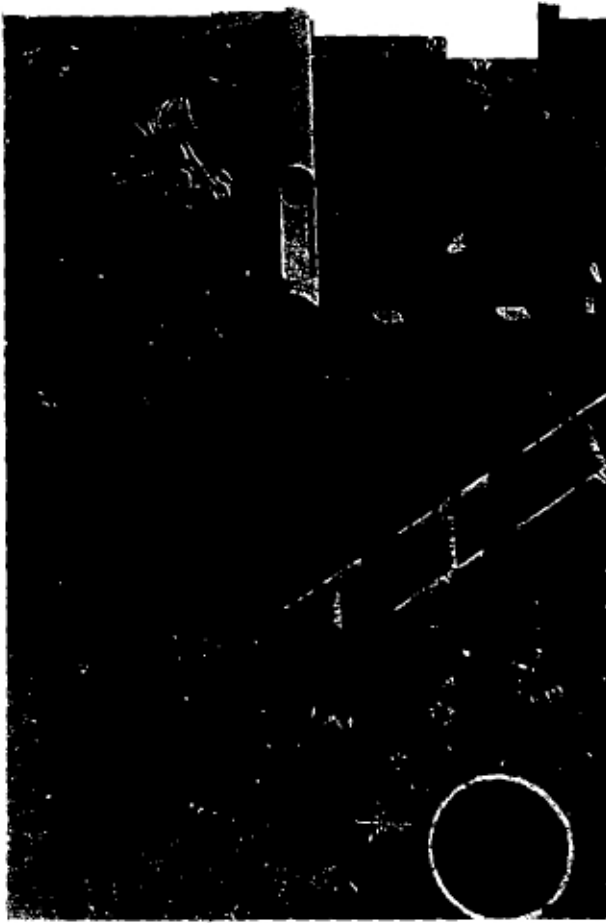
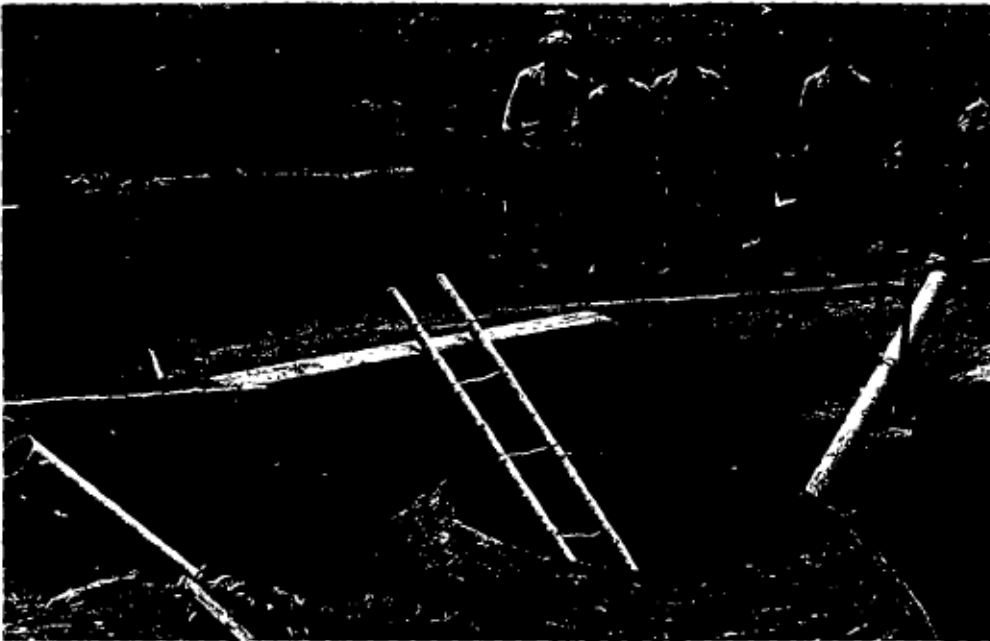


Figura 17 Corte de la Segunda Planta



*Planta de biogás construida en
el predio del Sr. Angel Viáfara -
La Robleda, Cauca*



Planta en construcción



Obra terminada



Tercera Planta

Nombre	Predio Sr Francisco Campos
Localización	Sector La Robleda, Caloto, Cauca
Tipo de establecimiento agroindustrial	Varios
Tipo de animales	6 cerdos, 6 cabras
Caudal de desechos	50 kg/día, incluyendo aguas residuales
Tipo de planta	Cúpula fija
Volumen del biodigestor	6 4 m ³
Produc. de gas estimado	~ 2 0 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	1 0 m ³
Costo de construcción	\$ 100 000
Tiempo de construcción	4 semanas

Parecida a la segunda planta, ésta también es un ejemplo de planta sencilla para una familia campesina

Junto a desechos animales se utilizó también las aguas residuales de la vivienda como biomasa, eliminando así la necesidad de un tanque séptico

El tanque de compensación fue construido en forma de cúpula como el digestor

Esta planta pertenece, como la primera, a la Fundación para la Enseñanza Agrícola - FUNDAEC y fue financiada en parte por el proyecto y en parte por el usuario

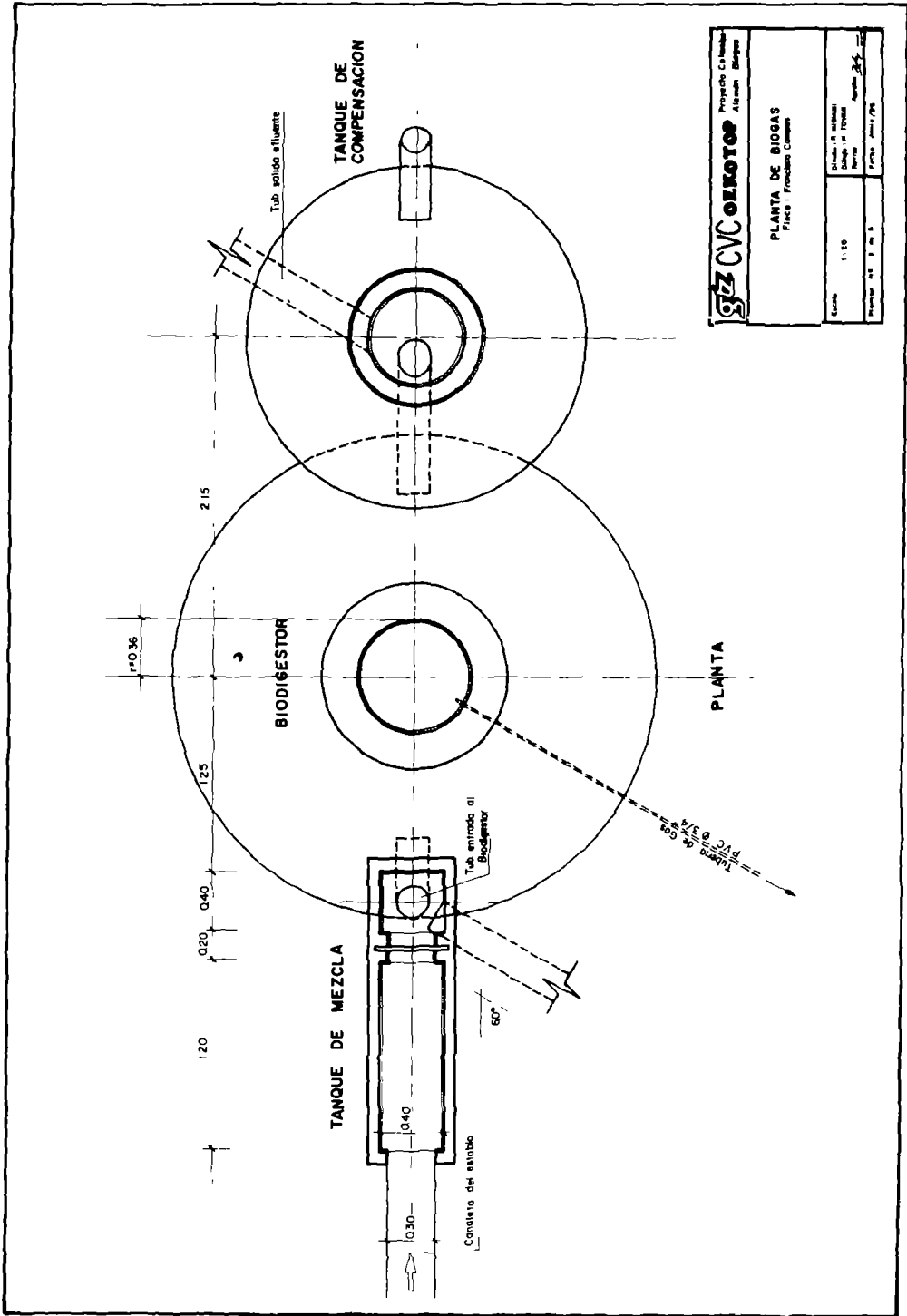
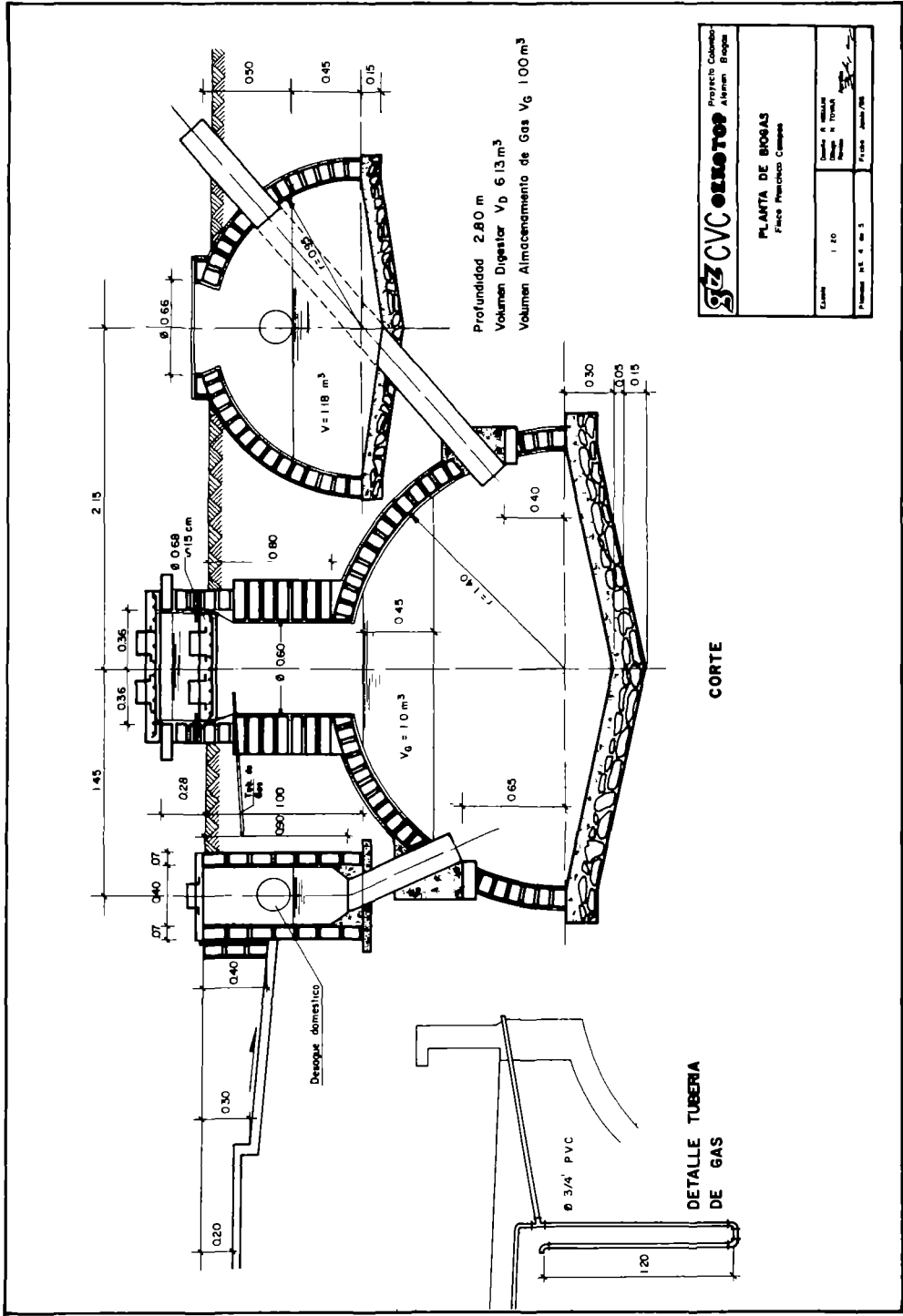


Figura 18 Tercera Planta



CVC OOKOTOP
Proyecto Gobierno
Autónomo Aragón - Aragón

	PLANTA DE BIOGAS Finca Pinedo Campes		
Escala: 1:80		Diseño: R. VILLAR	Ejecución: M. TRINCH
Hojas: N.º 4 de 3	Fecha: Julio/98		

Figura 19 Corte de la Tercera Planta

*Biodigestor construido
en el predio del señor
Francisco Campos
Fundaeec II*



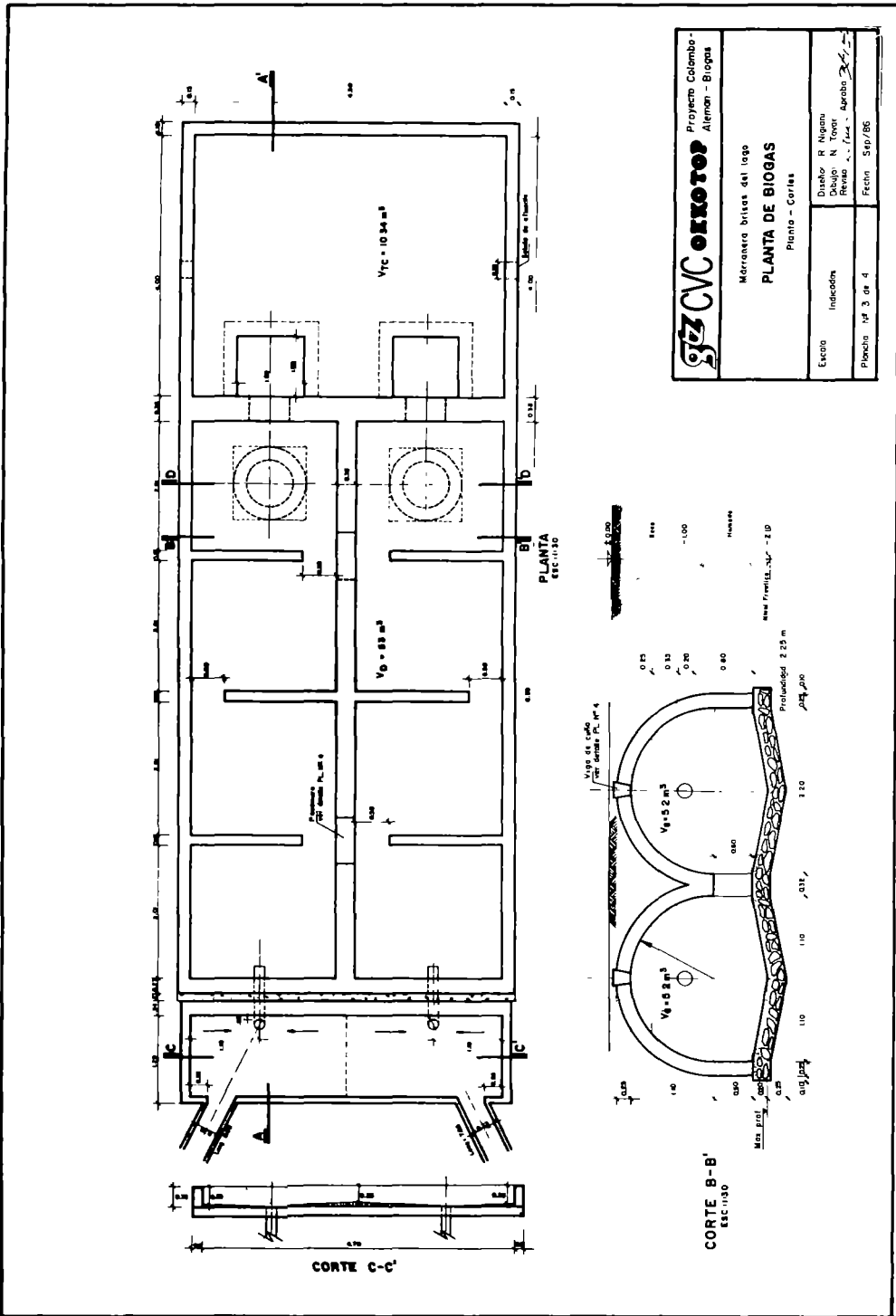
Cuarta Planta

Nombre	Predio "Las Brisas del Lago" del Sr. Aristóbulo Trujillo.
Localización	Candelaria, Palmira, Valle del Cauca
Tipo de establecimiento agropecuario	Porcícola
Tipo de animales	900 cerdos
Caudal de desechos	1625 kg e/día
Tipo de planta	Doble túnel en bóveda, tipo Oekotop
Volumen del biodigestor	54 m ³
Produc. de gas estimado	~ 31 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	10,34 m ³
Costo de construcción.	\$ 770 000
Tiempo de construcción	Aproximadamente 3 meses

Esta planta fue diseñada en forma de canal horizontal de fermentación debido al nivel freático muy alto en la zona central del Valle del Cauca. Aquí en el período de sequía se registró 2,05 m de nivel freático. Con este diseño de dos túneles en forma de bóveda, se logró construir "en seco" con una profundidad máxima de -2,25 m por un volumen V_D de aproximadamente 54 m³.

Otro factor importante para el diseño y la construcción fue el hecho que esta finca anteriormente era una ladrillera, así el propietario disponía en el lugar de una enorme cantidad de ladrillos para utilizarse en la construcción de la planta.

Para la construcción de las dos bóvedas se utilizó una formaleta previamente construida en varillas. La cumbre de las bóvedas termina con cuñas en concreto reforzado y fundido "en sitio". La obra fue financiada por el usuario.



		Proyecto Colombia - Alemán - Biogas	
Marzavara biogas del lago		PLANTA DE BIOGAS	
Planta - Cortes		Diseñador: R. Nolasco Dibujante: N. Torres Revisado: A. J. López - Aparicio	
Estado: Indecidido	Fecha: 04/3 de 4	Fecha: 04/3 de 4	

Figura 20 Cuarta Planta, Candelaria, Palmira (Valle del Cauca)

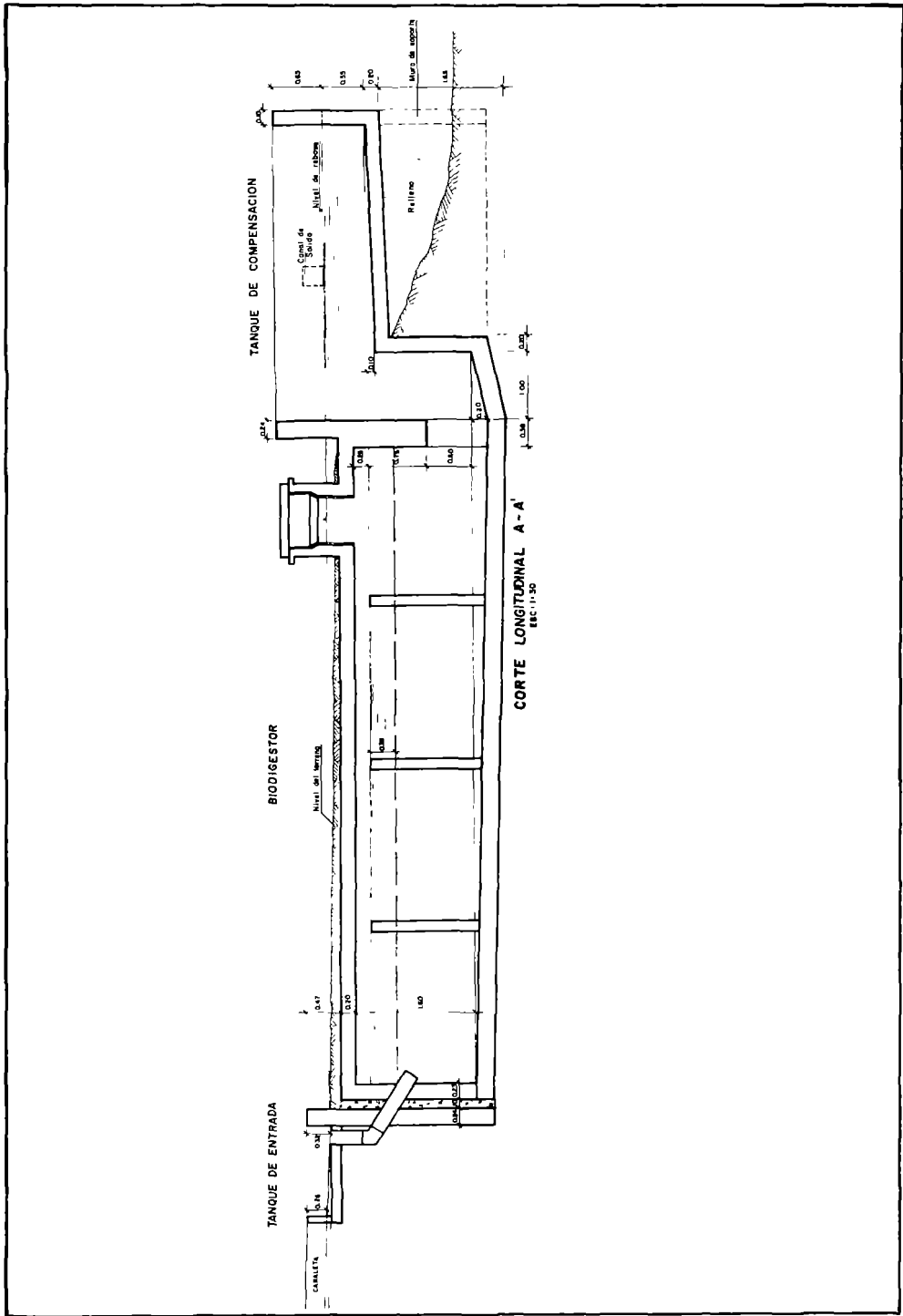


Figura 21 Cuarta Planta, Candelaria, Palmira (Valle del Cauca)

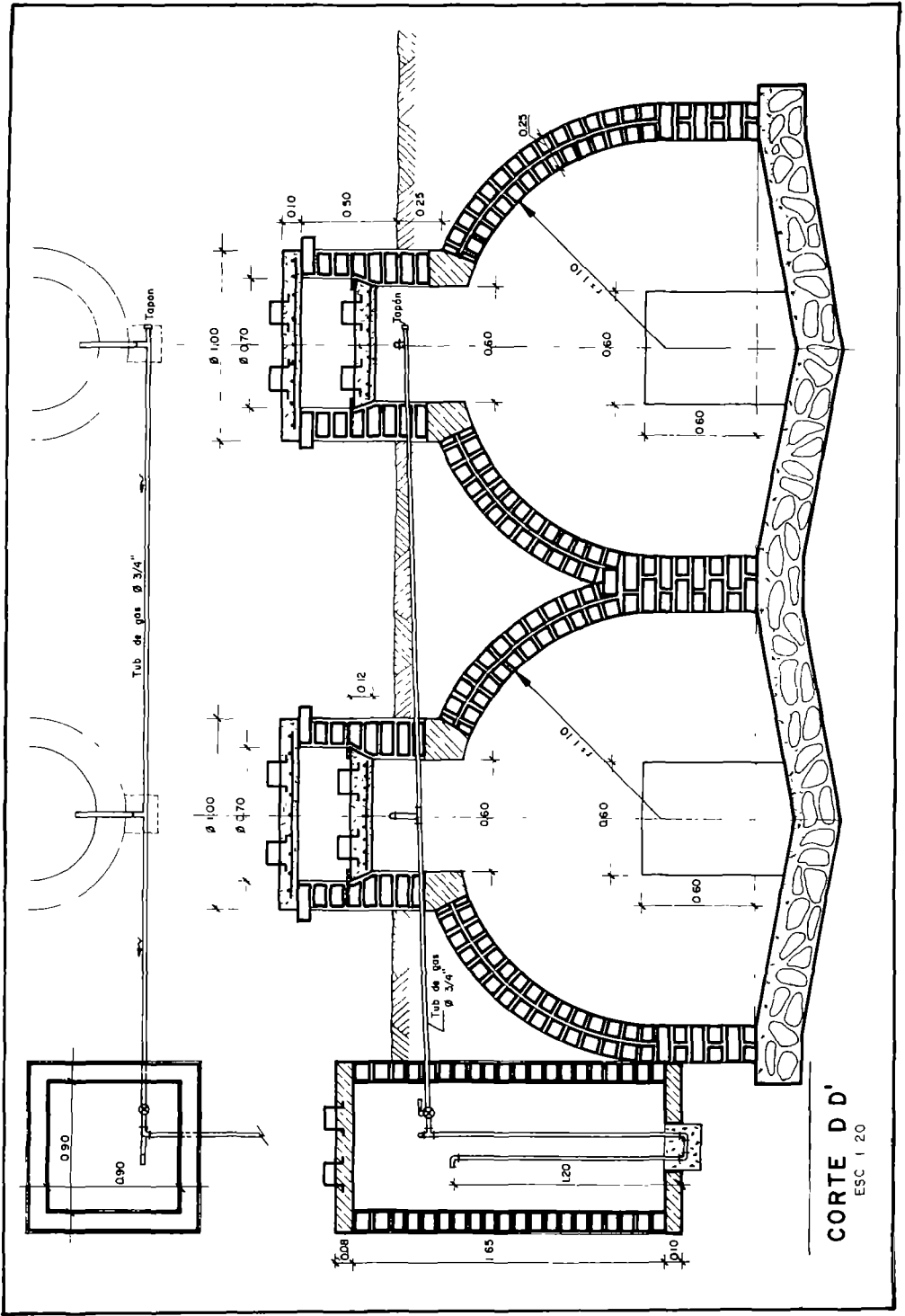


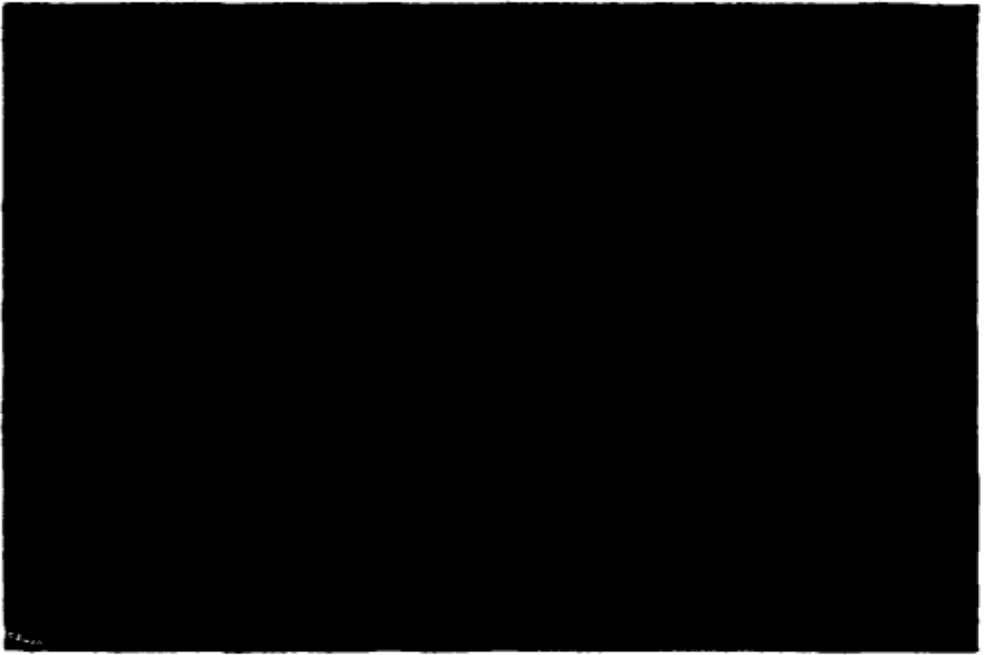
Figura 22 Corte de la Cuarta Planita, Candelaria



Diversas etapas en la construcción de la planta predio Brisas del Lago - Candelaria, Valle



Fases de construcción de los dos túneles en bóveda, predio Brisas del Lago



Otros detalles del biodigestor Brisas del Lago - Candelaria, Valle



OKOTOP

Quinta Planta

Nombre	Predio Sr Luis Alfonso Marín
Localización	Miranda, Depto Cauca
Tipo de establecimiento agroindustrial	Porcícola
Tipo de animales	95 cerdos
Caudal de desechos	120 kg e /día
Tipo de planta	Cúpula fija
Volumen del biodigestor	100 m ³
Produc de gas estimado	~ 65 m ³
Volumen de almacenamiento Vg	20 m ³
Costo de construcción.	aproximadamente \$ 470 000
Tiempo de construcción	2 meses y medio

Esta planta fue diseñada en el marco de la capacitación de ingenieros locales, por el ingeniero consultor, Sr Teodolindo Núñez - ISAM LTDA Cali, examinada y aprobada por el proyecto y posteriormente construida por el usuario mismo, con igual técnica de construcción, empleada en las plantas de La Robleda

Esta planta es un buen ejemplo de capacitación y construcción local

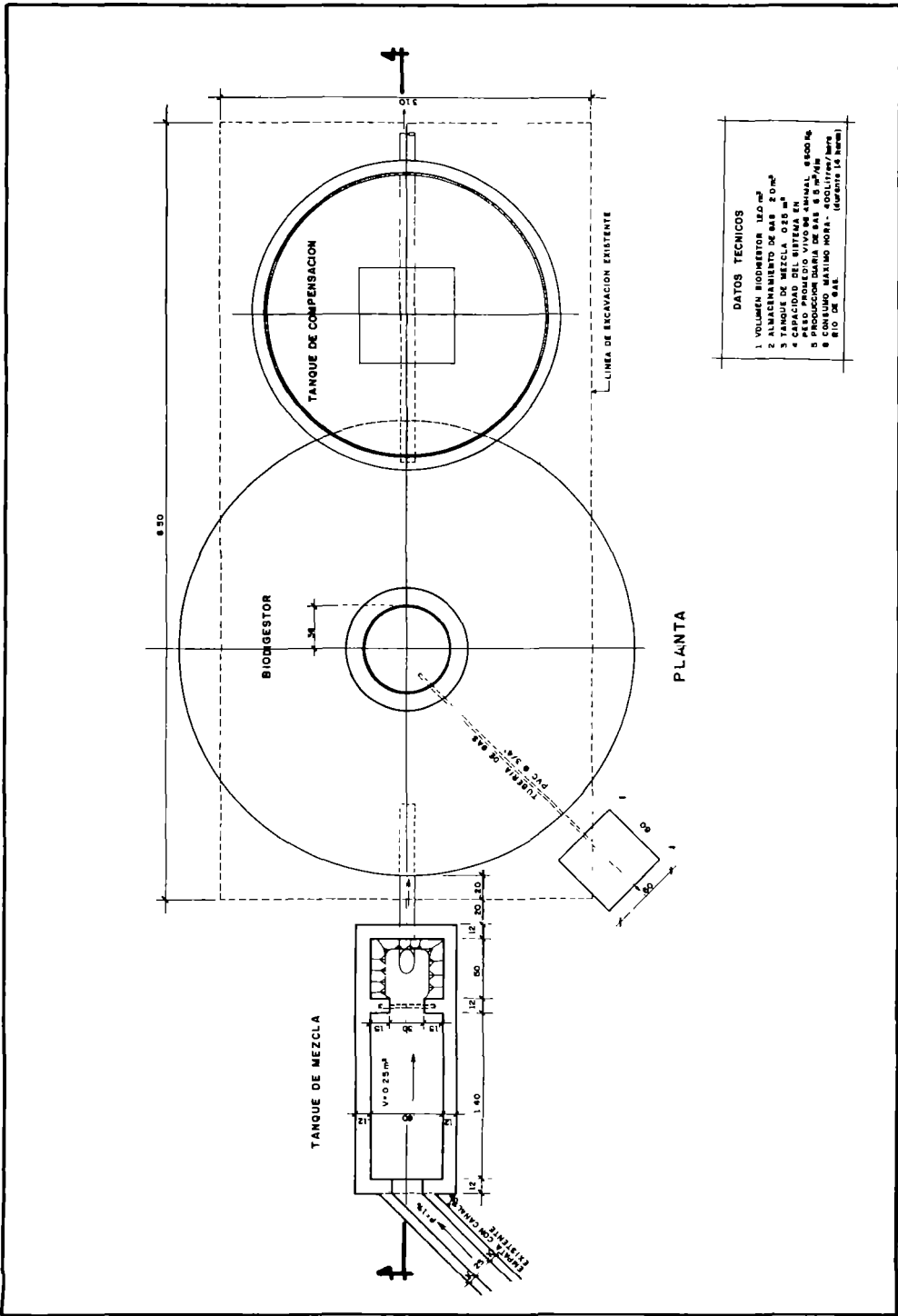


Figura 23 Quinta Planta

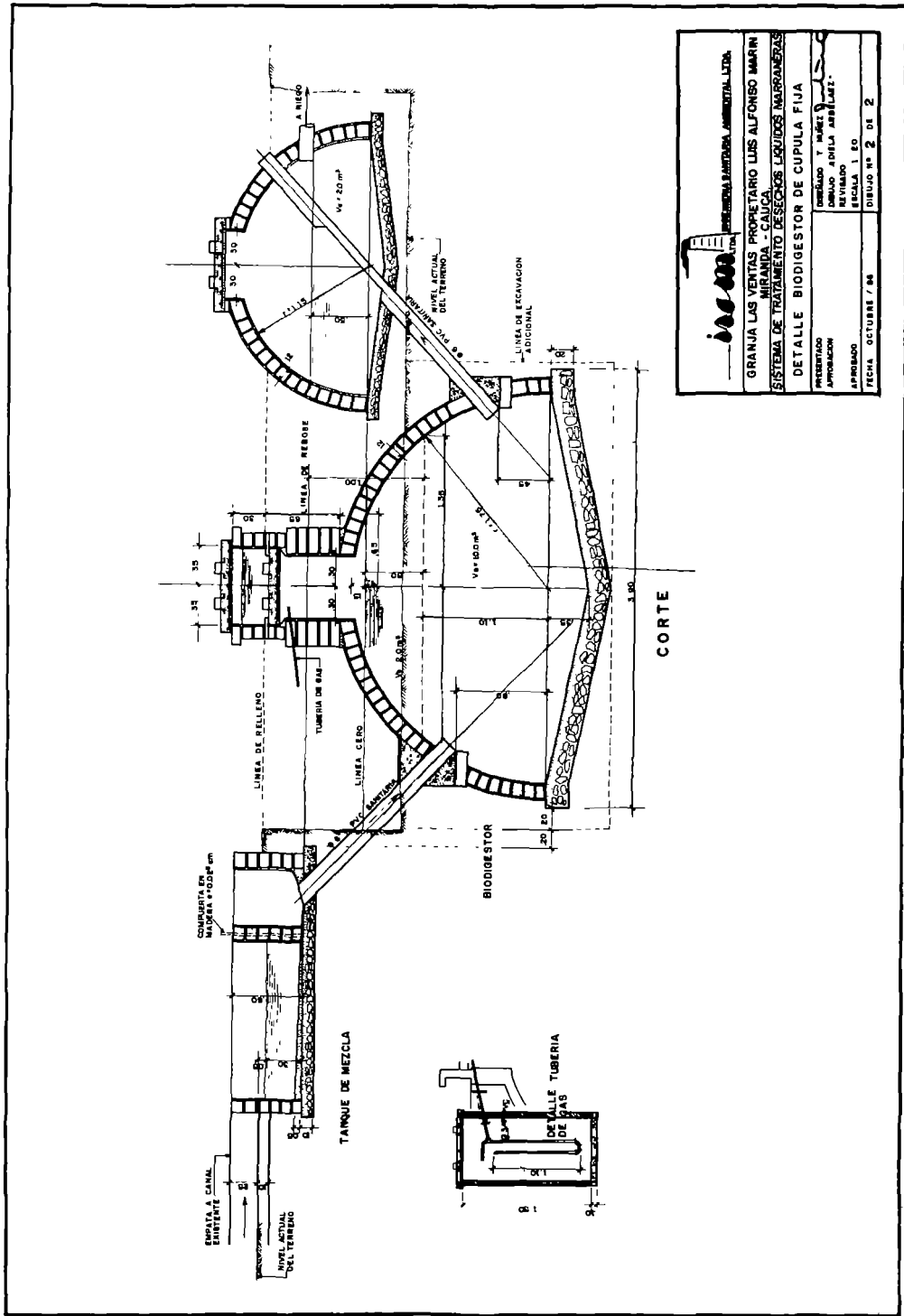
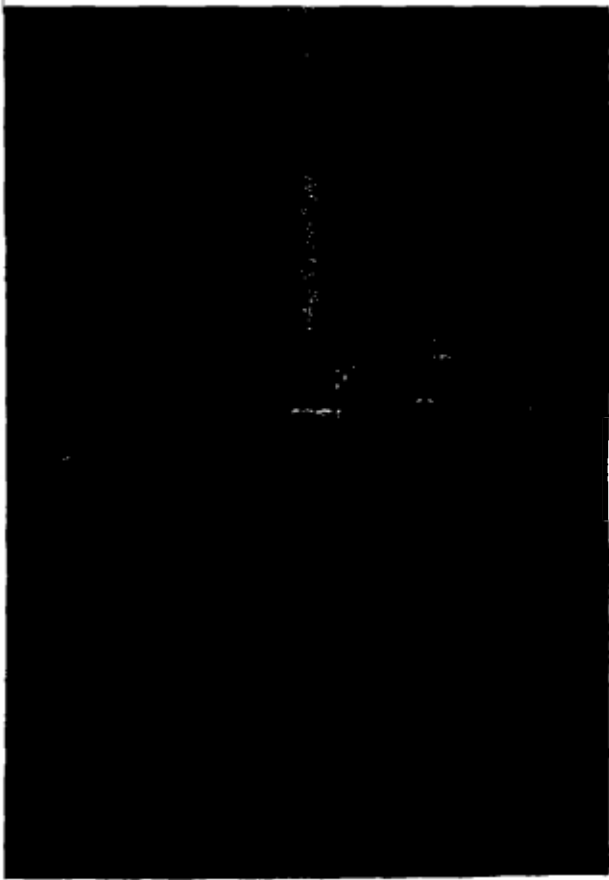


Figura 24 Quinta Planta, predio del Sr Luis A. Marín. Miranda, Cauca



Planta construida con asesoría del convenio CVC-GTZ en el predio del señor Luis Marín - Miranda, Cauca

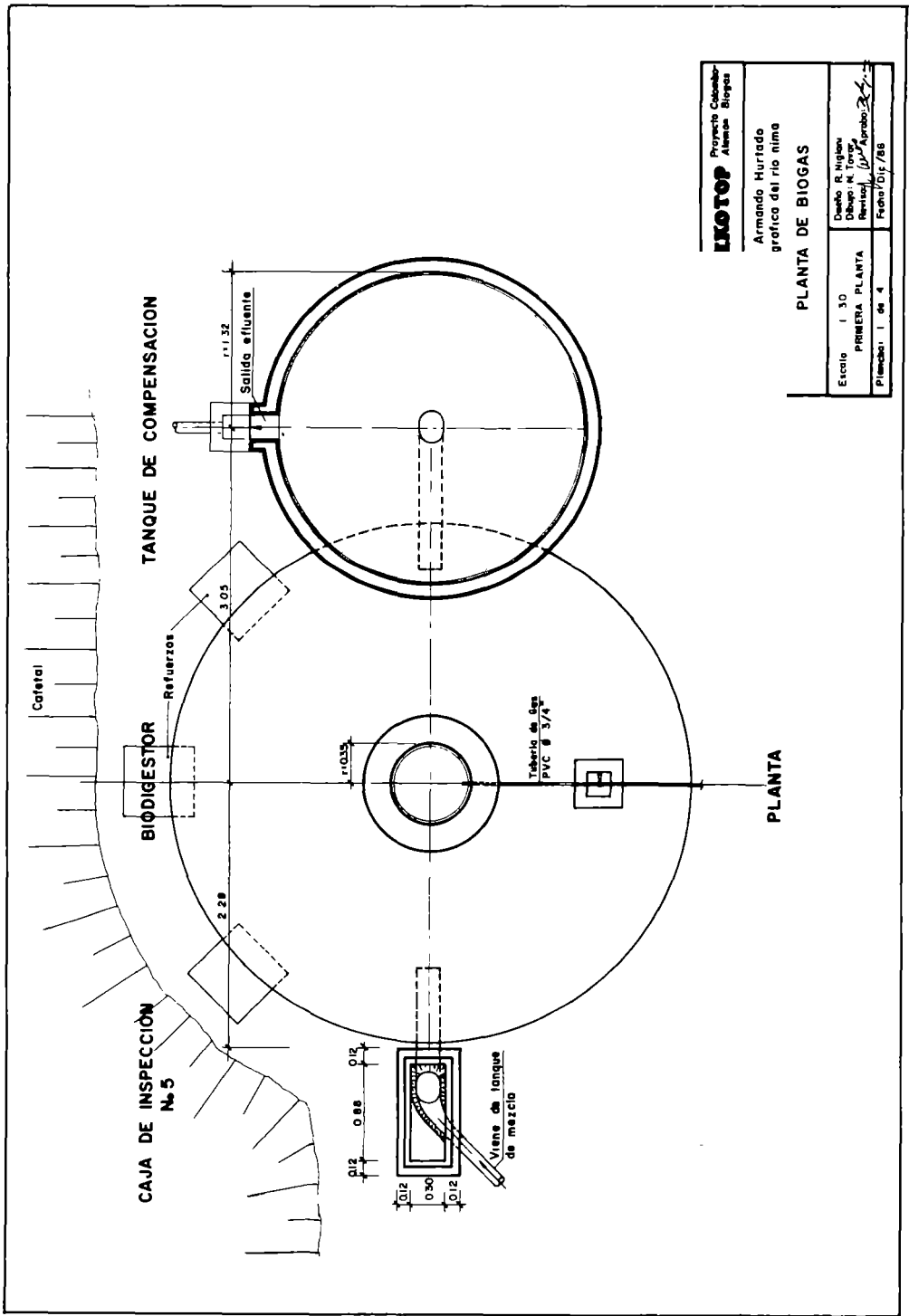


Sexta Planta

Nombre	Finca "La Montañita" del Dr Armando Hurtado Bedoya
Localización	Potrillo, Cuenca Hidrográfica del Río Nima, Palmira, Depto Valle del Cauca
Tipo de establecimiento agropecuario	Porcícola, vacuno, cafetales, etc
Tipo de animales	160 cerdos, 6 reses
Caudal de desechos	230 kg e /día + 50 kg e /día
Tipo de planta	Cúpula fija
Volumen del biodigestor	21 34 m ³
Produc de gas estimado	~ 90 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	30 m ³
Costo de construcción	\$ 263 500
Tiempo de construcción	6 semanas

Durante la construcción de esta planta fueron capacitados otros dos maestros locales, uno de ellos financiado por el proyecto GTZ-Corponariño de Pasto

La obra localizada en un sector muy lindo del alto del río Nima, fue financiada por el propietario y parcialmente por el proyecto, como planta demostrativa de la Cuenca Hidrográfica de CVC del río Nima, bajo la jurisdicción de la CVC-Palmira



OKOTOP Proyecto Cosecha-Almendro-Biogas	
Armando Hurtado grafica del rio nima	
PLANTA DE BIOGAS	
Escrito 1.30	Diseño R. Niguan
PRIMERA PLANTA	Dibujó: M. Torro
Plancha: 1 de 4	Revisó: <i>[Signature]</i>
	Fecha: 01/88

Figura 25 Sexta Planta



Construcción biodigestor predio La Montañita - Nima, Palmira



Fase final de la construcción de la Planta

Séptima Planta

Nombre	Finca demostrativa de Corponariño, propiedad del Sr Manuel Segundo Benavides
Localización	Túquerres, Nariño
Tipo de establecimiento agroindustrial	Vacunos
Tipo de animales	13 reses
Caudal de desechos	230 kg/día
Tipo de planta	Cúpula fija
Volumen del biodigestor	21 34 m ³
Produc de gas estimado	~ 6 0 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	3.0 m ³
Costo de construcción	\$ 260 000 planta \$ 250 000 establo para ordeño
Tiempo de construcción	Aproximadamente dos meses

La característica de esta planta es su localización en una de las regiones más frías de Colombia. La planta está ubicada a una altura de 3 125 m s n m, con una temperatura que oscila entre 8 y 16°C en los meses más fríos del año (julio-agosto) y logra un máximo de 25°C durante las estaciones cálidas. A pesar que las condiciones climáticas del lugar están entre los límites, para una fermentación psicrófila (10° - 20°C) y mesófila (20° - 35°C), se decidió construir esta planta piloto por las siguientes razones: 1 La finca es usada como finca demostrativa por Corponariño y posee ya un pozo de agua con bombeo accionado por un molino a fuerza eólica y otro pozo (aljibe) a camisa con especial sistema de bombeo; 2 Esta planta piloto servirá como base experimental para suministrar datos técnicos a todo el país sobre la producción mínima y máxima de gas a esta altura y temperatura y finalmente sobre el funcionamiento de los artefactos para el uso del biogás bajo estas condiciones.

Por esas razones se decidió realizar esta obra que servirá como experiencia para todos los lugares similares en la región andina.

Para mejorar las condiciones climáticas se construyó un establo para el ordeño de las vacas encima de la planta, así se espera aumentar la temperatura ambiental.

Este proyecto se lleva a cabo en cooperación de los convenios GTZ-CVC Cali y GTZ-Corponariño (proyecto de Cooperación Técnica Colombo Alemana COTECA) en Pasto. Los costos de construcción han sido financiados por los dos convenios Colombo Alemán y en parte por el usuario. La planta fue construida por maestro capacitado durante la construcción de la planta No 6 del Dr Hurtado, Río Nima.

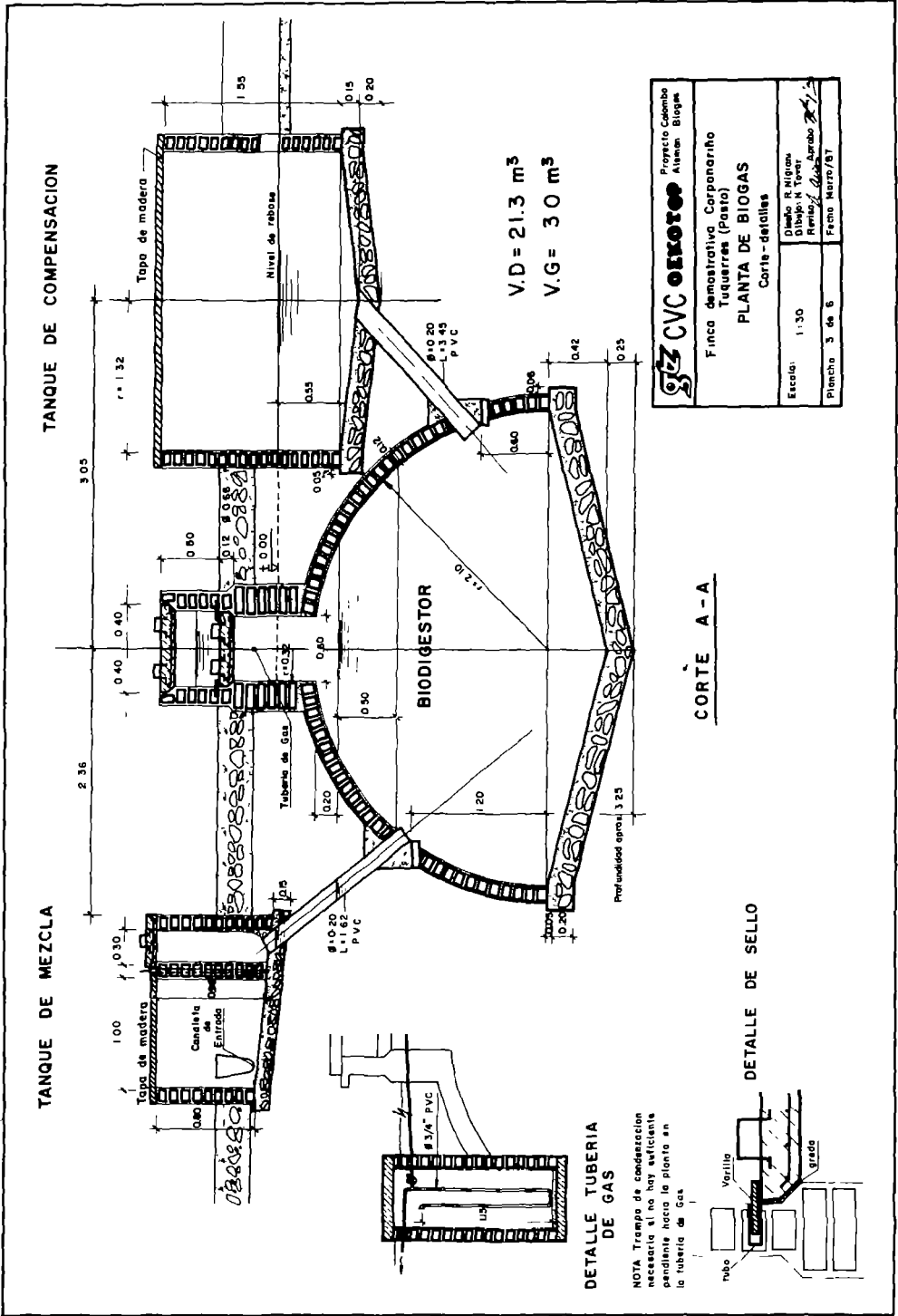
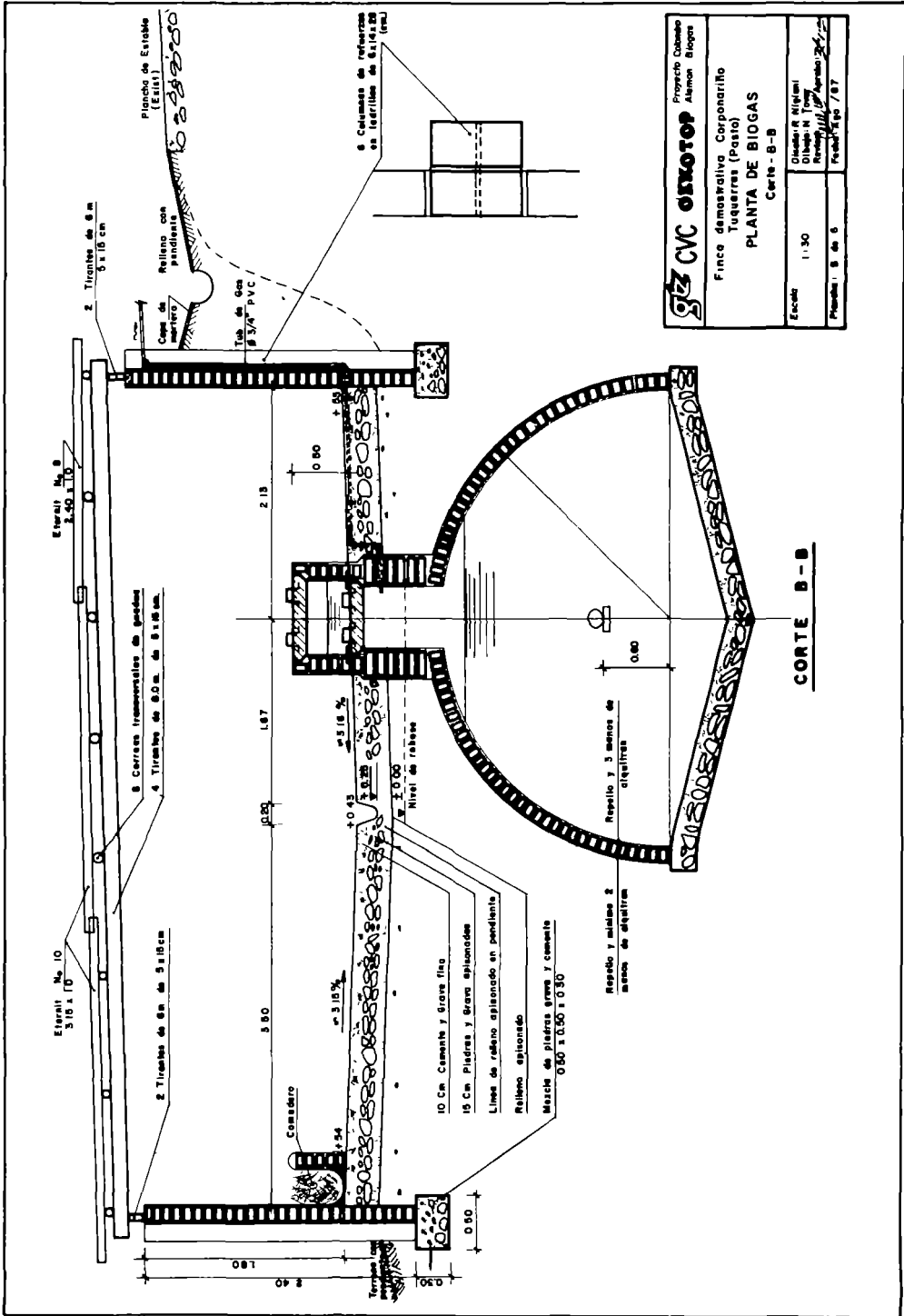
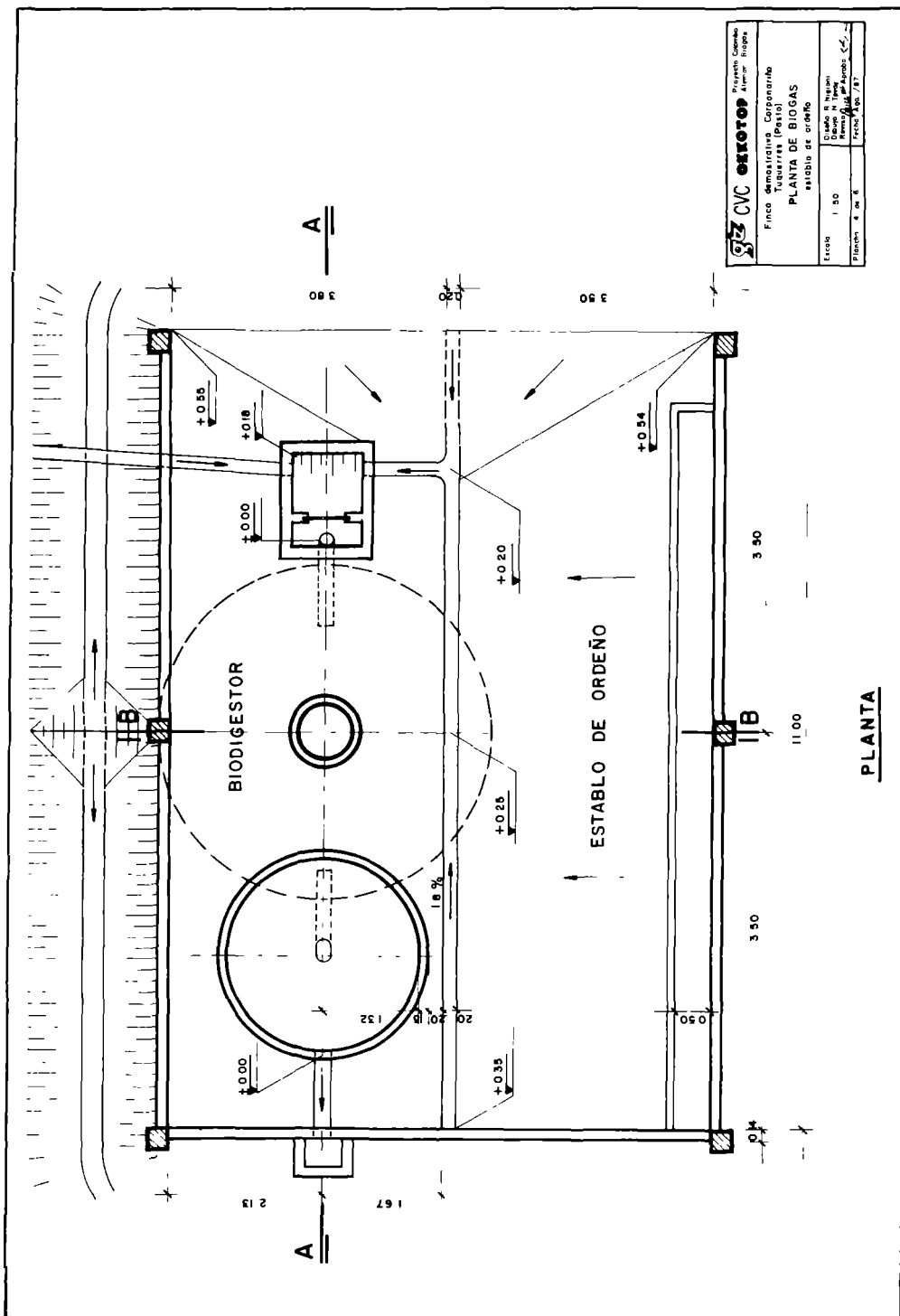


Figura 27 Corte de la Séptima Planta



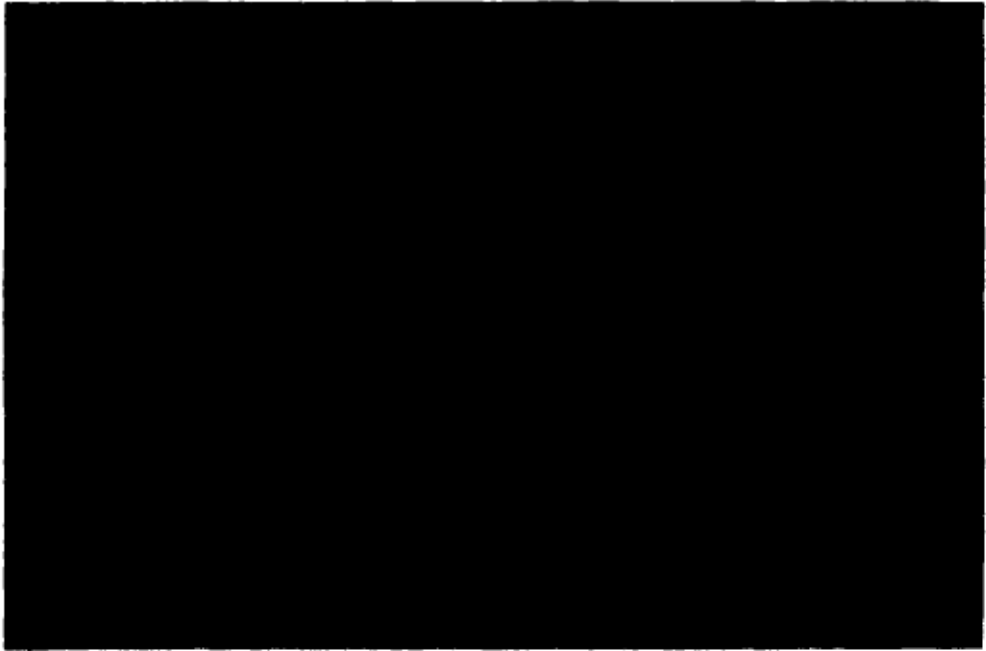
	Proyecto: Cobando Almondo Bioga	
	Finca demostativa Corporativo Tuquerres (Pasto) PLANTA DE BIOGAS Corte - B-B	
Escala: 1:30	Dibujo a: [illegible] Revisado por: [illegible]	Fecha: [illegible] / [illegible] / 87
Proyecto: B de 6	Fecha: [illegible] / [illegible] / 87	

Figura 28 Séptima Planta



GZ CVC OKOTOP Proyecto Construcción Aeróbica Biogás	
Finca Desactivada Copanaribe Tupaciri (Pasto)	
PLANTA DE BIOGAS establo de ordeño	
Escala 1:50	Ciudad El Naranjo Barrio El Tránsito Avenida 10 de Agosto C.S.
Elaboración: 4 de mayo de 2011	Proyecto: 006-781

Figura 29 Séptima Planta, Túquerres, Pasto (Nariño)



Biodigestor construido con la asesoría del convenio CVC-GTZ en la ciudad de Túquerres, Nariño



Aspecto final de la construcción Planta de Biogás en Túquerres - Nariño

Octava Planta

Nombre	Predio Sr Jorge Ernesto Villegas
Localización	Jamundí, Depto Valle del Cauca
Tipo de establecimiento agropecuario	Vacuno
Tipo de animales	60 vacas, 10 terneros
Caudal de desechos	750 kg e /día
Tipo de planta	Balón plástico
Volumen del biodigestor	52.4 m ³
Produc de gas estimado	~ 12 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	25% de la bolsa plástica = 10 m ³
Costo de construcción estimado	\$ 160 000 planta balón \$ 130 000 tanque recolector de bombeo y tubería de desagüe.
Tiempo de construcción estimado	3 semanas

Plantas similares a estas de tipo balón plástico fueron construidas en el Valle del Cauca por el programa Fundación para el Desarrollo Integral del Valle (CIPAV)

La planta del señor Villegas es diseñada y construida por el proyecto GTZ-CVC con el valioso asesoramiento de integrantes del programa mencionado durante la instalación de la bolsa plástica

La obra es complementada por un tanque recolector de 20 m³ para el uso de las aguas residuales del lavado para el riego

La construcción que se realiza con maestros de CVC y la supervisión del proyecto es financiada por el usuario

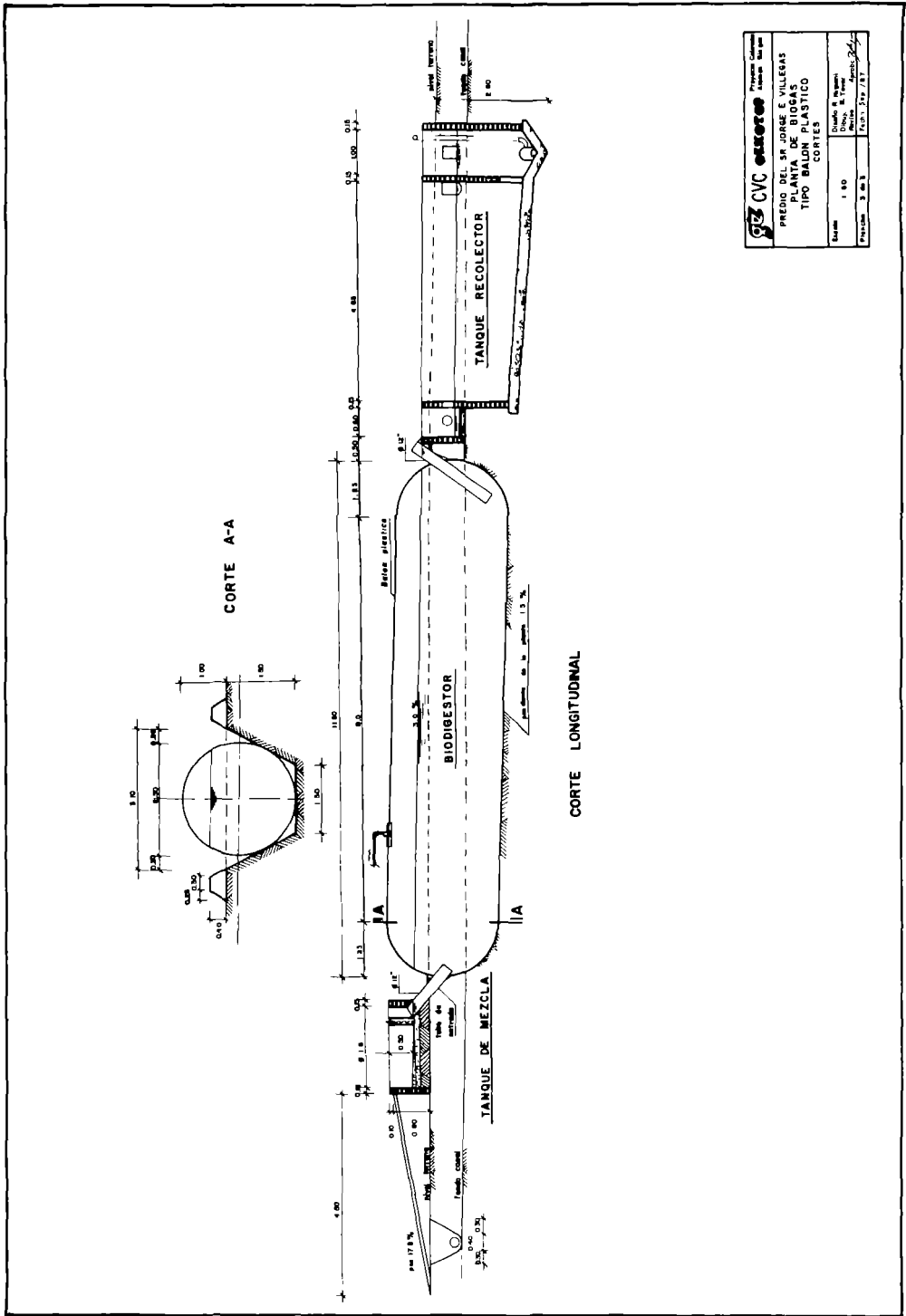
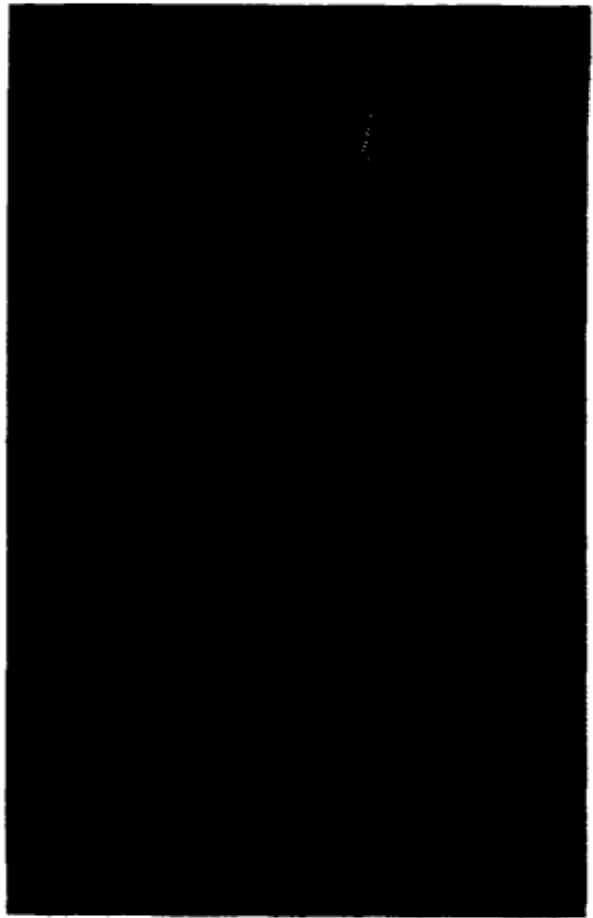


Figura 31 Cortes de planta tipo balón plástico



Instalación planta de tipo balón plástico predio Sr Jorge E Villegas - Jamundí - Valle



Novena Planta

Nombre	Hacienda Paraíso del Sr Hernando Mosquera
Localización	Miranda, Depto Cauca
Tipo de establecimiento agropecuario	Porcícola
Tipo de animales	550 cerdos
Caudal de desechos	1190 kg/día
Tipo de planta	Campana flotante
Volumen del biodigestor	490 m ³
Produc. de gas estimado	~ 235 m ³ /día
Volumen de almacenamiento Vg	37 m ³
Costo de construcción estimado	\$ 670 000
Tiempo de construcción estimado	Aproximadamente 2 meses y medio

Como la quinta planta, ésta también fue diseñada por el ingeniero consultor Teodolindo Núñez, ISAM, Cali

Luego el diseño fue revisado y aprobado por el proyecto CVC-GTZ

Esta planta se construirá con una campana metálica flotante para el almacenamiento del gas similar a la primera planta instalada en La Robleda, Cauca, con la financiación del usuario

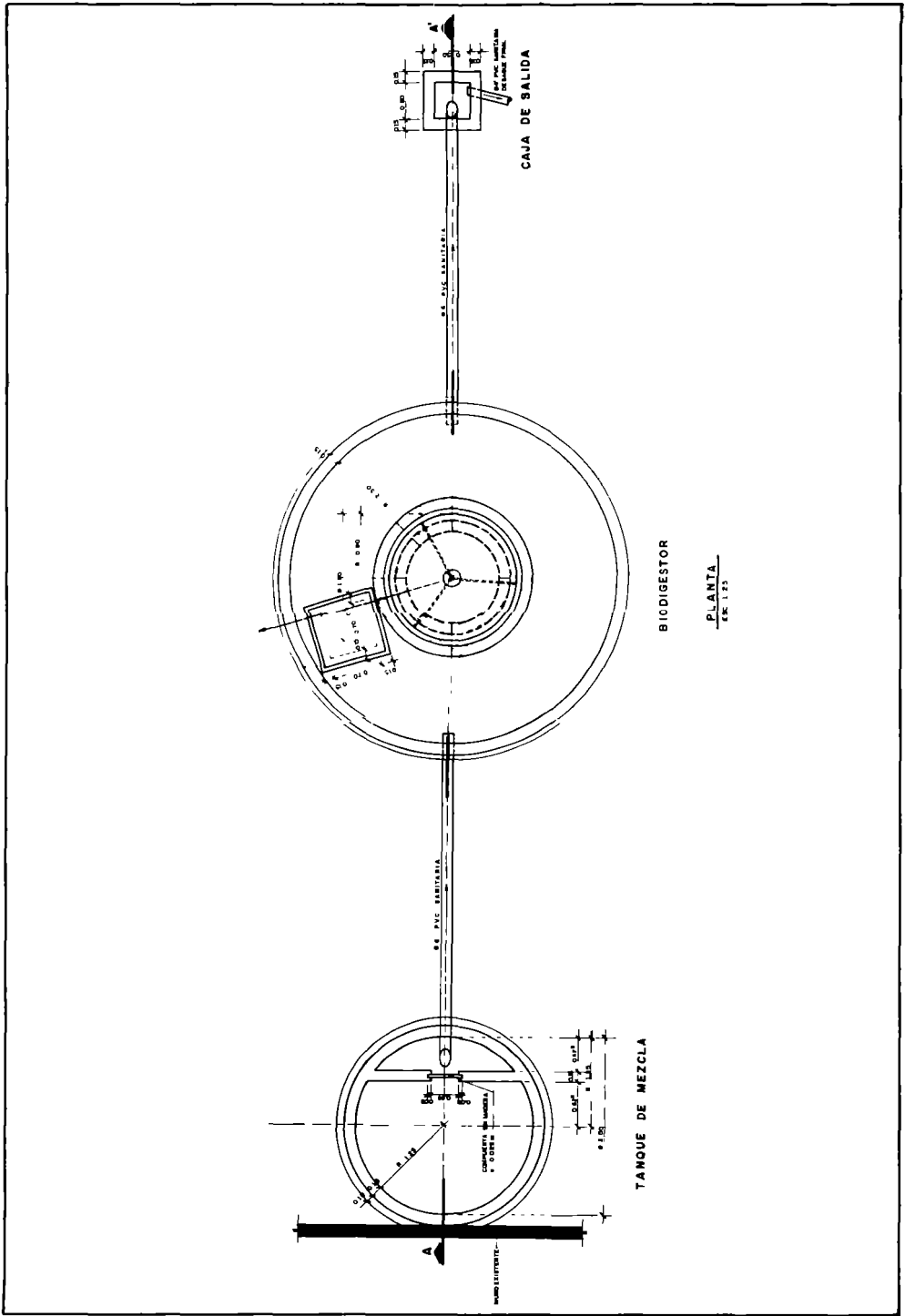


Figura 32 Biogestor de campana flotante Hacienda El Paraiso, Miranda, Cauca

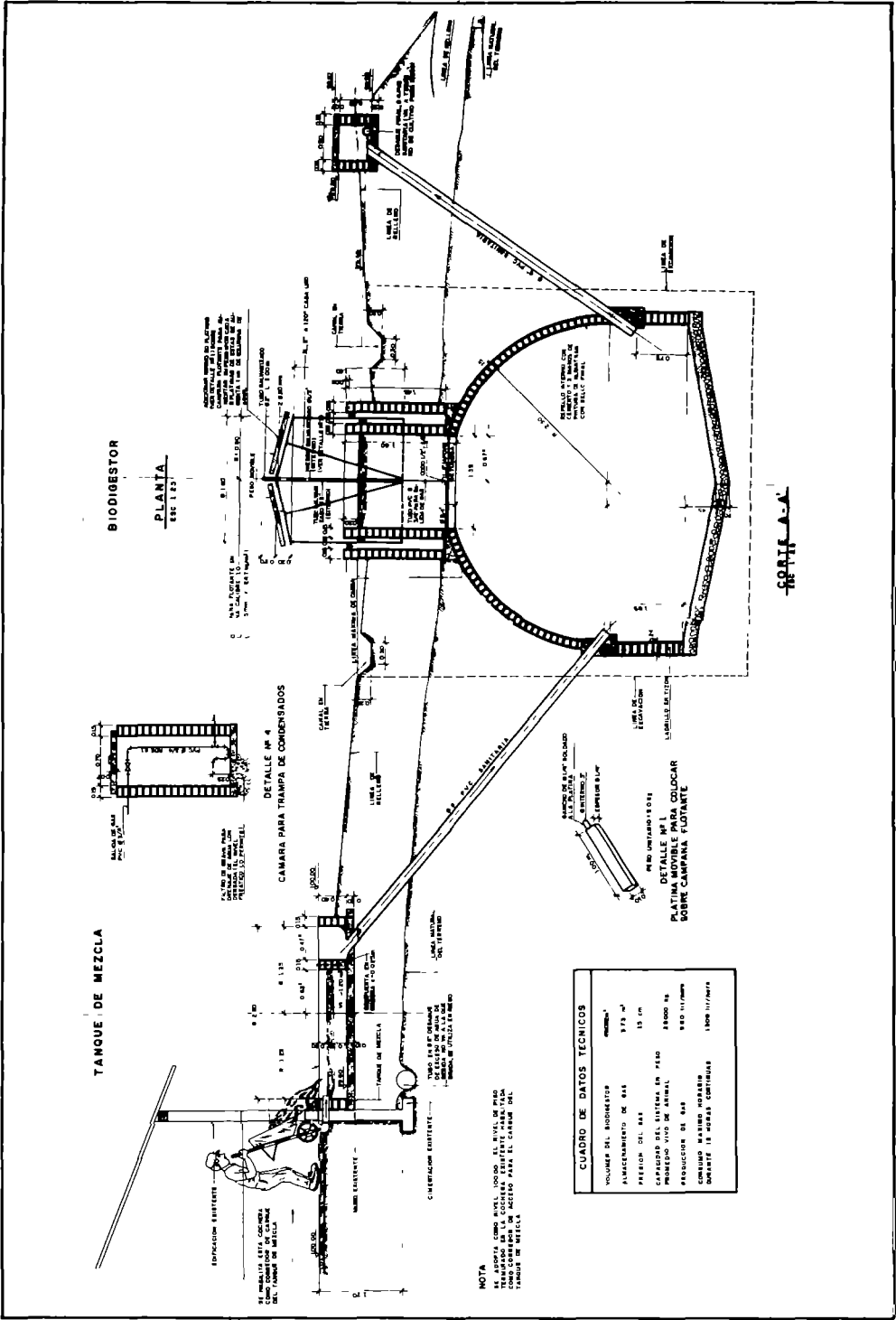
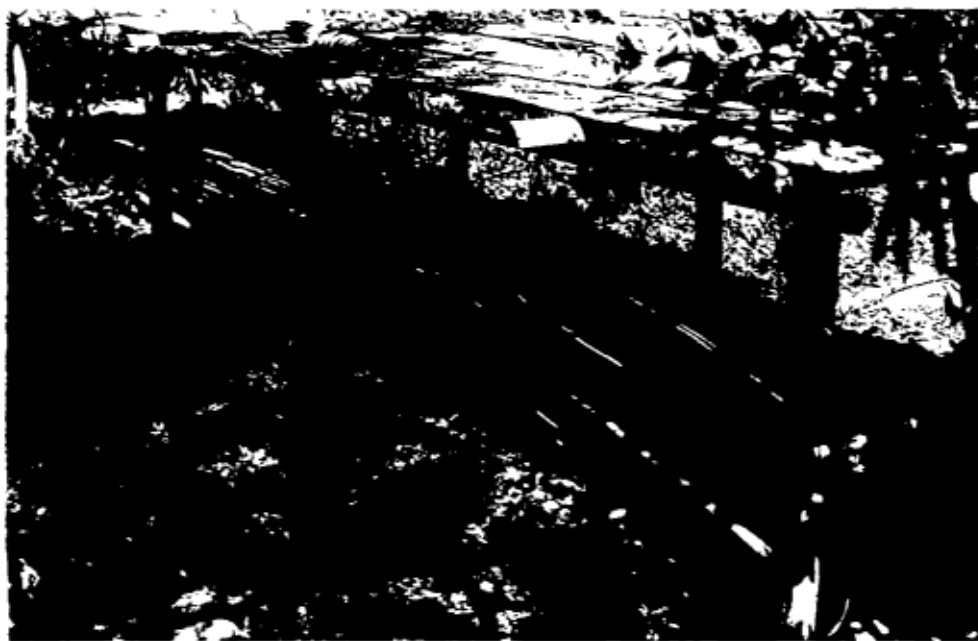


Figura 33 Detalles del sistema de campana flotante Miranda, Cauca

11.4.1 Plantas construidas por el Programa CIPAV.



Tipos de planta balón construidas en el Valle del Cauca por usuarios en colaboración con el Convenio Interinstitucional para la Producción Agropecuaria en el Valle del Río Cauca (CIPAV), dirigido por el Dr. Raúl Botero Botero y Dr. Thomas R. Preston

11.5 Otras plantas en proyecto.

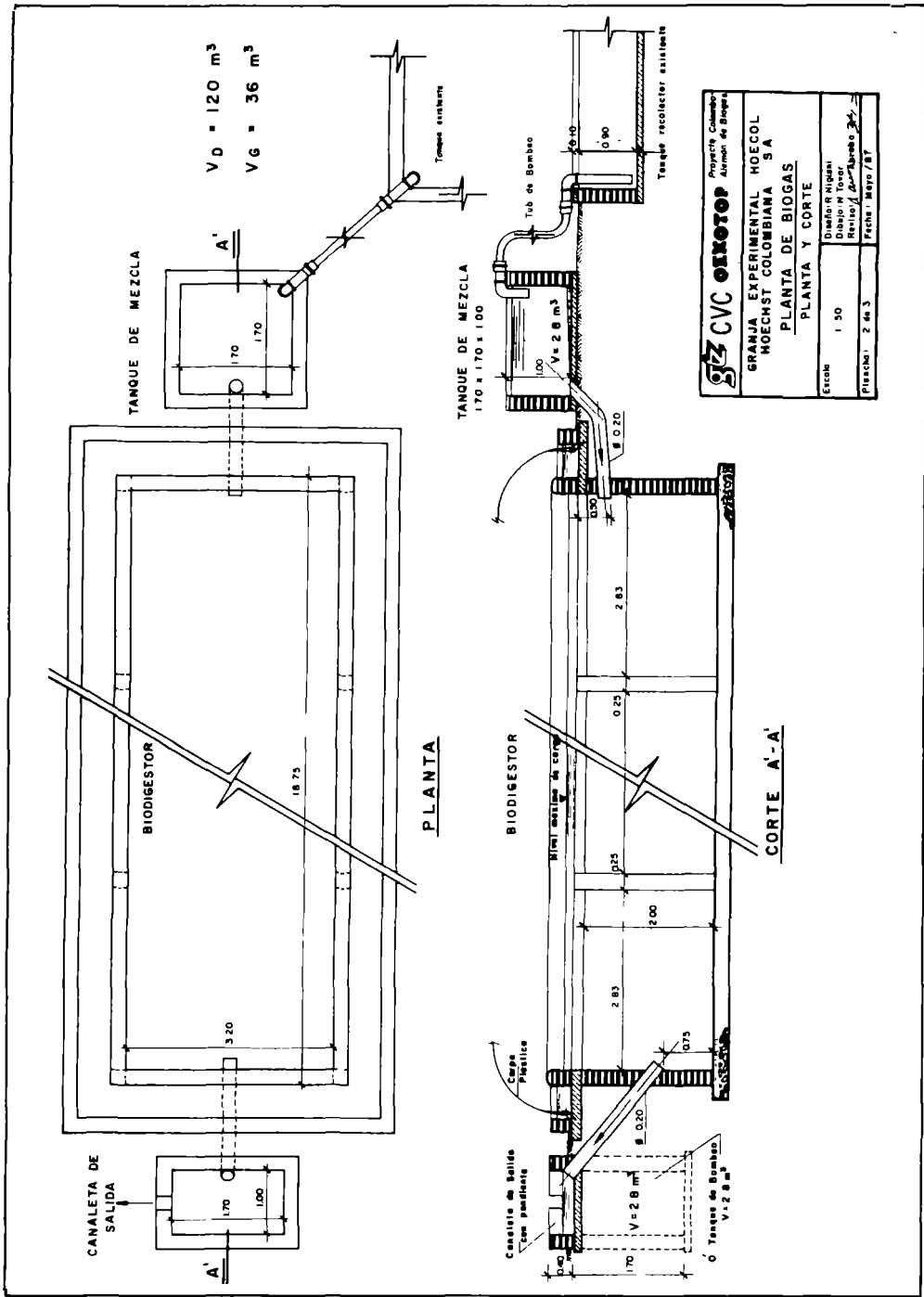


Figura 34 Planta proyectada para la Granja Experimental de Hoechst Colombiana S.A. y corte longitudinal de la misma

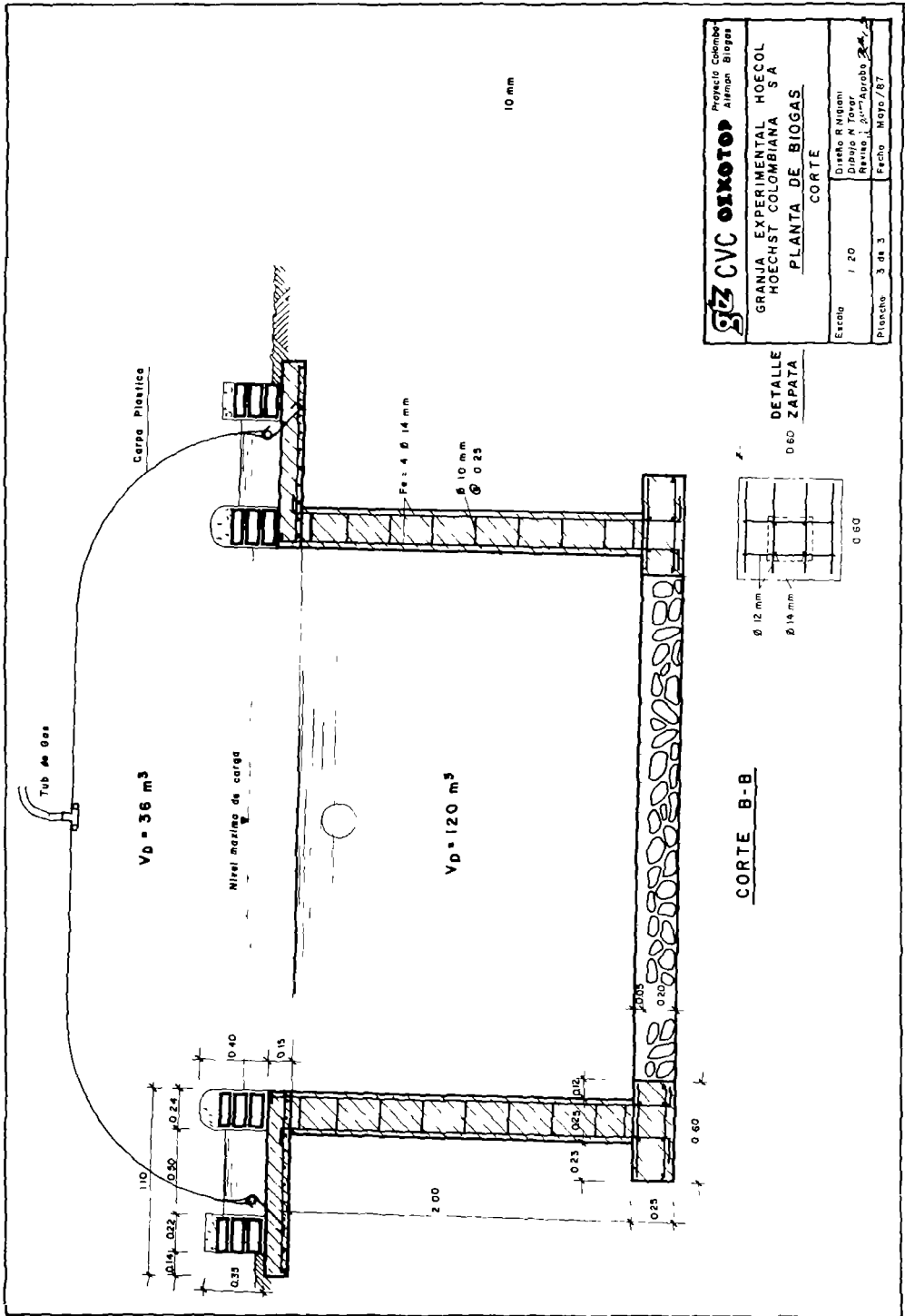
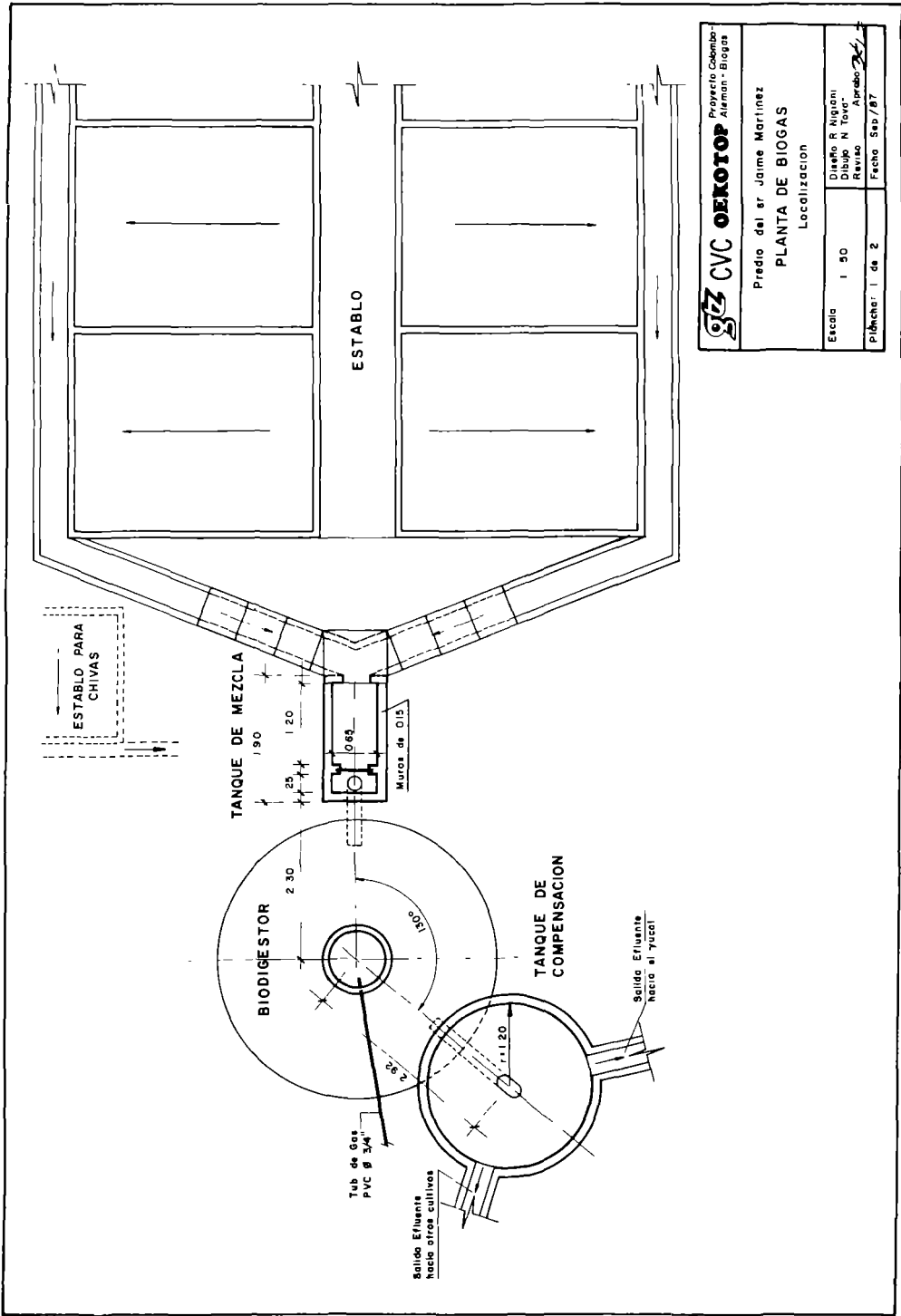


Figura 35 Corte de la planta proyectada para la Granja Experimental de la compañía Hoechst Colombiana SA



GTZ CVC OKOTOP		Proyecto Cabeza Araimon - Biogas	
Predio del sr Jaime Martinez			
PLANTA DE BIOGAS			
Localizacion			
Escala	1:50	Diseño	E. Noguera
		Dibujo	H. Torres
		Revisó	
Plancha:	1 de 2	Fecha	Sept/87

Figura 36 Última planta de cúpula fija, actualmente en construcción Proyecto CVC-GTZ

12. El uso del efluente de Plantas de Biogás como abono

Por Dr Agr Habil Ignacio Campino

La instalación de una planta de biogás en un predio agrícola significa a menudo, que los excrementos animales y otros desechos orgánicos sean recolectados en forma sistemática y conducidos por primera vez a un proceso de tratamiento adecuado. Con este sistema descentralizado de tratamiento de desechos se alcanzan cuatro objetivos al mismo tiempo

- Reducción de la contaminación de las aguas superficiales con estiércol y otros desechos orgánicos
- Mejoramiento de la situación higiénica en el predio
- Producción de energía barata
- Retención de nutrientes en el predio, los que pueden ser usados para abonar los cultivos

En el Proyecto Colombo-Alemania de Biogás el objetivo primario de la CVC para promover la instalación de biodigestores es evitar que los excrementos sean vertidos en ríos y quebradas, con la consiguiente contaminación de ellos. El mejoramiento de la situación higiénica, la producción de energía y el uso del efluente como abono son objetivos secundarios, que hacen atractiva la construcción de una planta de biogás para el usuario potencial

El reciclaje de los nutrientes es sobre todo para los pequeños propietarios de importancia económica. Muchos de ellos realizan una explotación de autosubsistencia, por lo que las entradas en dinero son reducidas y se destinan a cubrir necesidades de la familia, de tal manera que los recursos para comprar abonos son bajos o simplemente inexistentes. El uso adecuado de los nutrientes reciclados puede ser en estos predios un aporte importante para mejorar la situación económica y alimenticia de la familia

En los predios grandes con mayores recursos económicos y un buen nivel técnico, la contribución del bioabono al éxito de la explotación es probablemente menor, pues por lo menos una parte de los medios destinados a la adquisición de abonos y ahorrados por el reciclaje de los nutrientes en el predio debe ser gastada en la aplicación de los bioabonos. Estos son por su naturaleza voluminosos y por lo tanto más caros de aplicar que los abonos comerciales. Hasta el momento no hay datos fidedignos para Colombia sobre los costos para la aplicación de bioabonos sólidos, semi-líquidos y líquidos

12.1 Experimentos para determinar el poder fertilizante del bioabono

En el Proyecto Colombo-Alemania de Biogás se consideran dos tipos de ensayos. Los ensayos del primer tipo tienen como meta obtener informaciones básicas sobre el efecto de los bioabonos sobre el rendimiento de las especies vegetales más importantes de la región del Valle del Cauca y zonas adyacentes. Estos ensayos se realizan con cuatro (4) a cinco (5) repeticiones y sus resultados son sometidos a un cálculo estadístico. El segundo

tipo de experimentos son ensayos demostrativos con el objetivo primordial de difundir el uso del efluente como abono. Estos ensayos también generan informaciones sobre el efecto de los bioabonos sobre el rendimiento vegetal, pero no tienen la exactitud de los ensayos del primer tipo, ya que éstos se realizan sin repeticiones.

Los ensayos se iniciaron en Julio 1986 y hasta ahora han sido planeados, ejecutados y evaluados por personal del proyecto. Todos los ensayos se han realizado en predios comerciales. Esto ha tenido la ventaja de poder establecer buenos contactos con campesinos y agricultores, pero con la limitación de sólo contar con condiciones subóptimas para los ensayos básicos.

12.1.1 Los ensayos básicos

Los objetivos de los ensayos básicos han sido hasta ahora dos. El primero es comparar el efecto del afluente y el del efluente sobre el rendimiento vegetal en relación con el abonamiento usual de la región y el segundo objetivo es determinar dosis adecuadas de bioabono para los diferentes cultivos de la zona.

En la literatura internacional se encuentran algunos trabajos, donde la aplicación de efluente fue más efectiva que la de afluente, usando cantidades netas similares de nutrientes (1 China CHENGDU, 1980 Citado según WERNER et al. Praktischer Leitfaden für Biogasanlagen in der Tierproduktion. Sonderpublikation der GTZ Nr. 180 Eschborn 1986, República Federal de Alemania. 2 Bolivia Citado según DEMANT, D. Sachstandbericht zu Fragen der Dungung mit Faulschlamm aus Biogasanlagen. GTZ, Juli 1987). Esto significa que el paso de los desechos orgánicos por una planta de biogás aumenta la disponibilidad de los nutrientes. La explicación de este fenómeno se encuentra en las transformaciones de los desechos en el biodigestor. En la Tabla 1 se encuentran algunos parámetros de la composición química del afluente y del efluente de la planta de biogás de FUNDAEC obtenidos en 1986, la cual es cargada con estiércol de cerdo. Esta planta fue construida por el Proyecto Colombo-Alemán de Biogás.

Tabla 1 Composición química del afluente y del efluente del biodigestor de FUNDAEC La Arrobleda, 1986

Material	Sólidos totales (%)	P	K	C	NH ₄ ⁺ -N	N-org	N-total	C/N
					g/l			
Afluente								
1 muestra	4,6	0,04	0,26	16,1	0,43	1,35	1,78	9,0
2 muestra	4,0	0,03	0,23	10,4	0,41	0,99	1,41	7,4
3 muestra	4,2	0,05	0,24	15,6	0,39	1,13	1,52	10,3
Promedio	4,3	0,04	0,24	14,0	0,41	1,16	1,57	8,9
Efluente								
1 muestra	2,4	0,05	0,43	5,8	0,90	0,46	1,37	4,2
2 muestra	3,4	0,16	0,58	5,0	0,79	0,33	1,12	4,5
3 muestra	1,3	0,06	0,20	1,8	0,86	0,25	1,11	1,6
4 muestra	3,3	0,05	0,28	5,0	0,73	0,51	1,24	4,0
Promedio	2,6	0,08	0,37	4,4	0,82	0,39	1,21	3,6

La fuerte disminución del contenido de carbono en el efluente en comparación con el afluente, por efecto de la producción de biogás, origina una reducción de la relación carbono nitrógeno en el primero. Como consecuencia de esto, el nitrógeno orgánico en el efluente puede ser mineralizado más rápidamente que el incorporado en la materia orgánica del afluente y así aumenta también su disponibilidad para las plantas. Además, se puede observar un ligero aumento del contenido de fósforo y potasio en el efluente. El aumento del contenido de nitrógeno amoniacal no sólo trae consigo un aumento del nitrógeno disponible para las plantas, sino también un aumento del riesgo de pérdidas de nitrógeno por volatilización después de la aplicación al campo.

Trabajos realizados en Egipto (ALAA EL-DIN et al Proc. Int. Conf. State of the Art on Biogas Technology, Transfer and Diffusion, Cairo 1984), donde se comparó el efecto de bioabonos con aplicaciones de abonos minerales sobre diferentes cultivos, demostraron que bajo cantidades de nutrientes netas similares, el bioabono produjo rendimientos más altos que los abonos minerales. Estos resultados fueron explicados por medio del efecto de los micronutrientes contenidos en el bioabono y que faltaban en el abono mineral.

Los ensayos básicos realizados en el Proyecto Colombo-Alemania de Biogás en los años 1986 y 1987 fueron afectados por condiciones climáticas adversas, inundaciones en 1986 y sequía en 1987.

Los rendimientos de grano seco del ensayo con maíz realizados en el año 1987 se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2 Rendimiento de grano seco - Hacienda "La Robleda", 1987

Nr	Nombre	Cantidad de abono kg ó mcb/ha	Cantidad de nitrógeno kg/ha	Rendimiento de grano seco t/ha
1	Control	—	—	1,40
2	Urea	150 kg/ha	69	2,05
3	Afluente 150%	90 mcb/ha	108	1,58
4	Afluente 100%	60 mcb/ha	72	1,30
5	Afluente 50%	30 mcb/ha	36	1,51
	Promedio Afl			1,46
6	Efluente 150%	111 mcb/ha	129	1,69
7	Efluente 100%	74 mcb/ha	86	1,78
8	Efluente 50%	37 mcb/ha	43	1,73
	Promedio Efl			1,73
	Promedio			1,63

Con los tratamientos denominados Afluente 100% y Efluente 100% se trató de aplicar una cantidad de nitrógeno equivalente a la aplicada con la urea, más un 25% para contrarrestar posibles pérdidas de nitrógeno del bioabono. En los tratamientos Afluente 150% y Efluente 150% se aumentó la dosis en un 50% y en los tratamientos Afluente 50% y Efluente 50% se redujo la dosis a la mitad. El afluente proviene de la marranera de FUNDAEC y consta de estiércol de cerdo y del agua para el lavado de la marranera. El efluente es producido por el biodigestor instalado en el mismo predio.

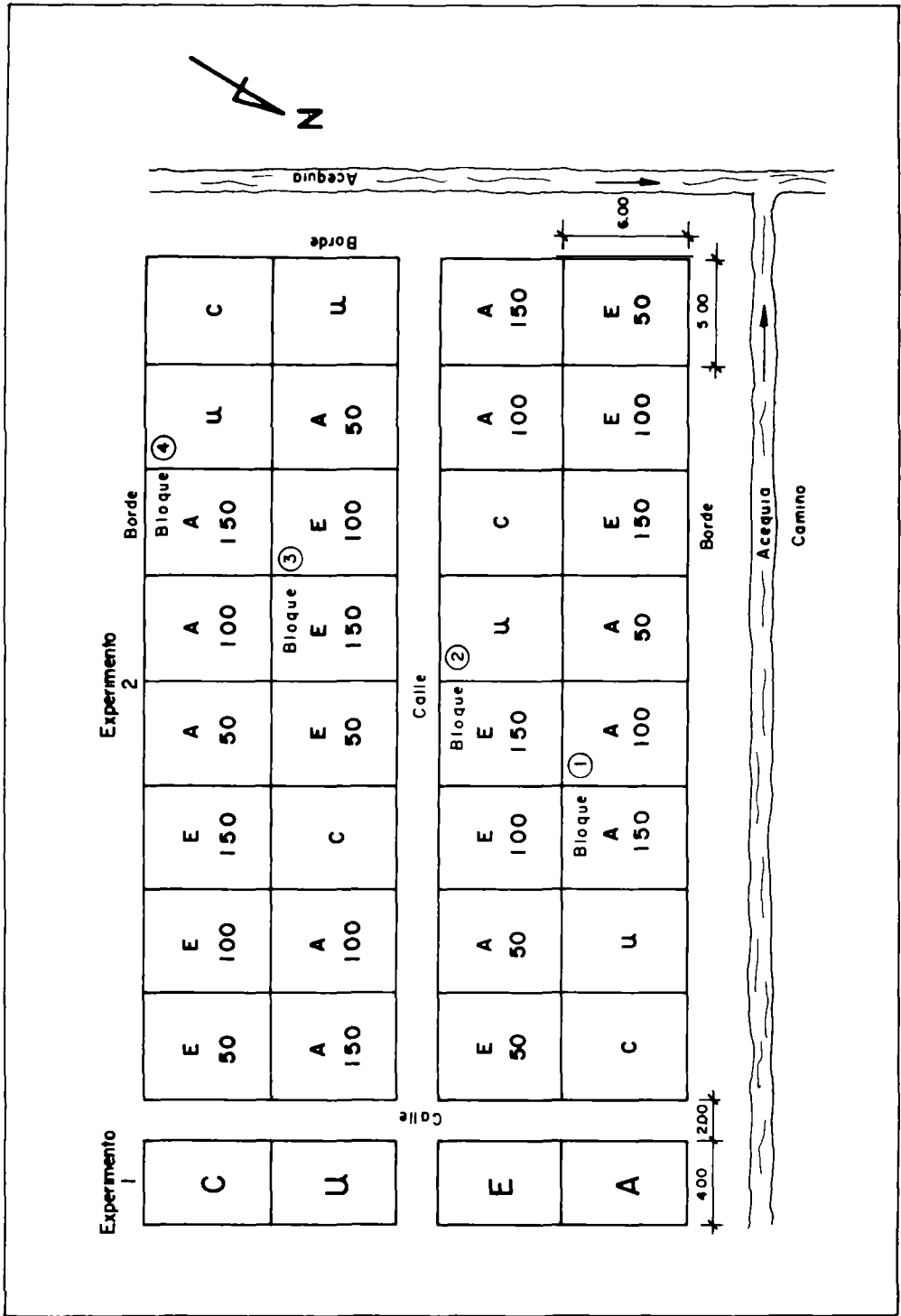
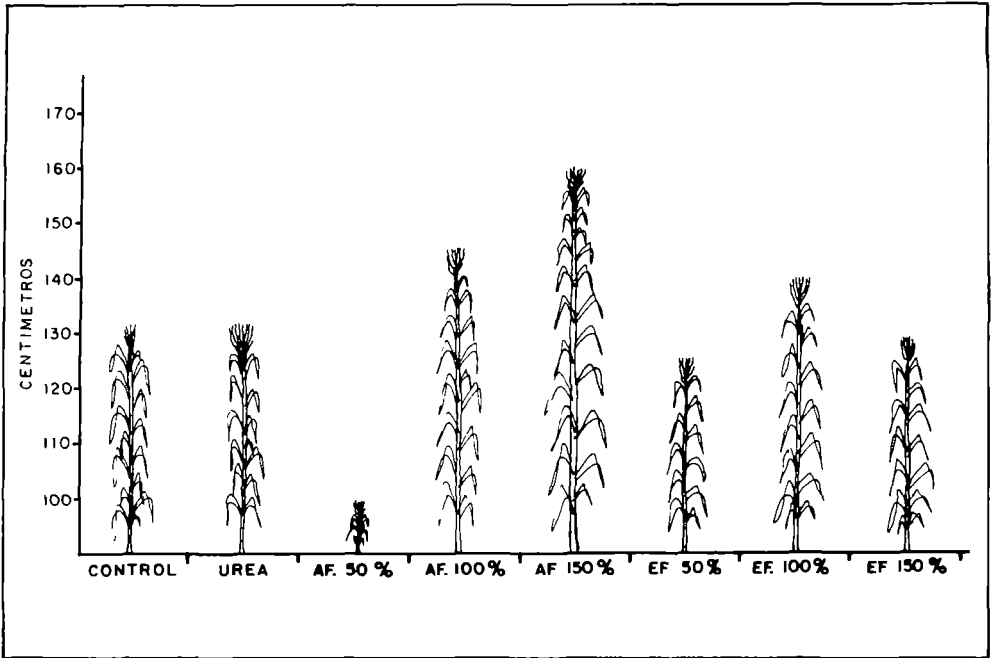


Figura 37 Plano de los experimentos con afluente y efluente en la hacienda "La Robleada" 1986

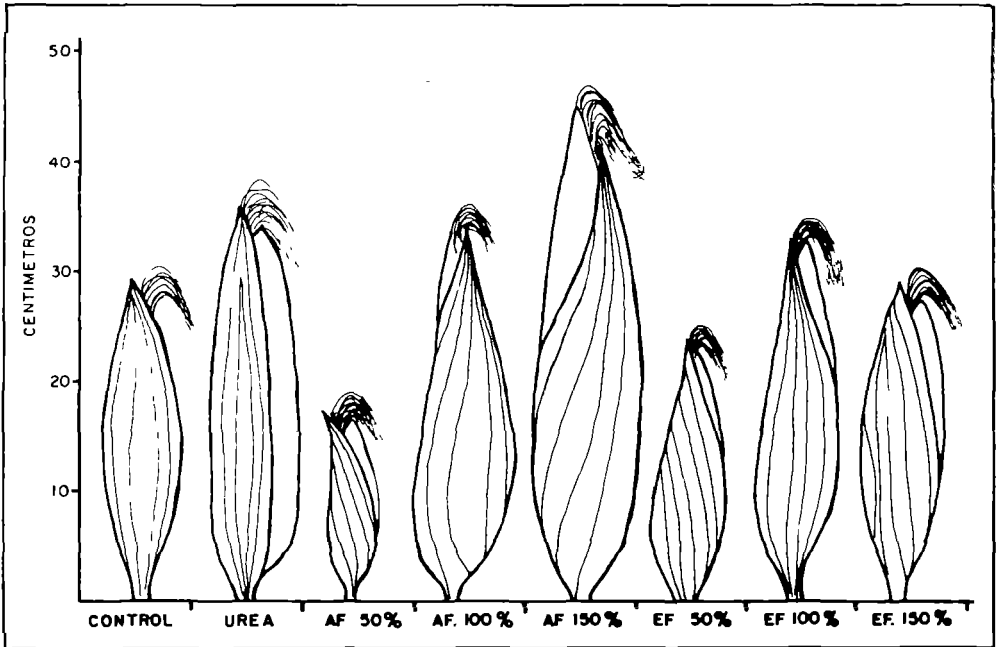


Foto No 1 Aspecto general del experimento No 1

Cuadro No 1 Altura Promedio Alcanzada Por El Maíz Según los Diferentes Tratamientos				
Siembra	Afluente	Efluente	Urea	Control
1	112 25	98 55	77 88	79 1
2	81 73	88 63	75 83	73 47
3	86 05	81 94	71 64	65 88
4	89 16	97 68	80.95	81 50
5	54 68	60 26	57 21	64 31
6	39 15	41 6	40 83	45 73
7	27 7	25 73	25 2	29 63
8	23 5	27 0	24 35	30.47



Gráfica 1 Altura promedio alcanzada en cada tratamiento



Gráfica 2 Altura promedio de mazorcas por planta según tratamiento

Debido a que el suelo era muy pobre en fósforo, se hizo una aplicación correspondiente a 115 kg/ha de fosfato en forma de fosfato diamónico (DAP, 18,46,0) Con el uso de este abono se aplicaron alrededor de 45 kg/ha de nitrógeno a todas las parcelas. Desgraciadamente superfosfato no estaba disponible en plaza

El rendimiento en promedio de todos los tratamientos llega a 1,63 t/ha de grano seco, un rendimiento relativamente bajo. Según informaciones de la Unidad de Planificación Agropecuaria del Valle (URPA) los rendimientos de maíz de grano en 1985 fueron de 2,1 t/ha (= 1,58 t/ha de grano seco) y en 1986 de 3,2 t/ha (= 2,4 t/ha de grano seco), de tal forma, que el rendimiento obtenido es comparable con el rendimiento en predios comerciales

El más alto rendimiento se obtuvo con el tratamiento con úrea y el más bajo en el control sin abono. Las diferentes dosis de afluente y efluente no tuvieron un mayor efecto en el rendimiento de grano seco. Sin embargo, todas las dosis de efluente, independientemente de la cantidad de nitrógeno aplicada con él, produjeron un rendimiento más alto que las aplicaciones de afluente. Estos resultados preliminares del ensayo de maíz de 1987 indican que la aplicación de efluente es más efectiva que la de afluente, es decir, de estiércol tratado en el biodigestor tiene un poder abonante más alto que el no tratado. Es necesario destacar que ninguna de las dosis de efluente alcanzaron el rendimiento del tratamiento con úrea

Trabajos recientes realizados en Africa (GAEDE, M 1986 y DEMANT, D 1987) indican que el maíz, como planta exigente en nutrientes, produce rendimientos más altos con efluente que con abonos comerciales, cuando se aplican dosis de bioabono altas. Tal vez el maíz no sea una planta especialmente efectiva para aprovechar el efluente como bioabono. Los mismos autores encontraron que pastos pueden usar el bioabono en forma mucho más eficiente

El Proyecto Colombo-Alemania de Biogás inició recientemente un ensayo con pasto elefante y los primeros resultados se esperan a fines de este año. En un ensayo demostrativo realizado en 1986 pudo observarse un efecto fuerte de los bioabonos en comparación al tratamiento con úrea

12.1.2 Los ensayos demostrativos

En 1986 se realizó un ensayo demostrativo con una mezcla de pasto elefante y king-grass y diferentes bioabonos. Los resultados se encuentran en la Tabla 3

Tabla 3 Rendimiento de forraje verde de una mezcla de pasto elefante y king-grass Hacienda "La Robleda", 1986

Nr	Nombre	Cantidad de abono		Cantidad de nitrógeno kg/ha	Rendimiento de forraje verde t/ha
		kg, t ó mcb/ha			
1	Control	—		—	24
2	Urea + boñiga de res	78	kg/ha	36	28
3	Boñiga de res	10	t/ha	20	34
4	Afluente	45	t/ha	90	52
5	Efluente	58	mcb/ha	90	53
		75	mcb/ha	90	53

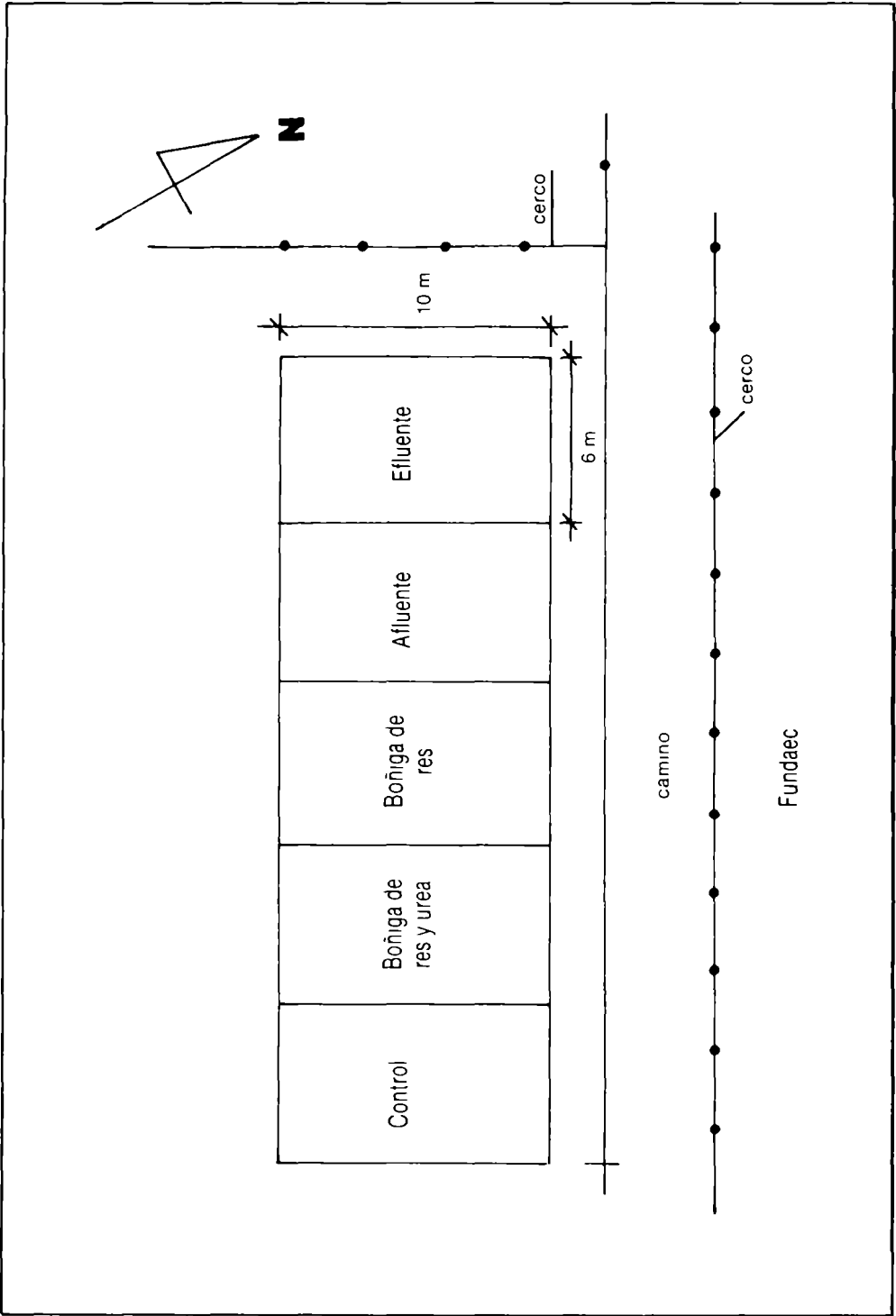


Figura 38 Plano del ensayo con pasto de corte en la hacienda La Robleada

La boñiga de res estaba por lo menos parcialmente fermentada y el afluente y el efluente provienen de la planta de biogás en el predio de FUNDAEC ya mencionada

Los rendimientos de forraje verde más altos fueron alcanzados por los tratamientos con afluente y efluente, y el rendimiento más bajo lo presentó el control sin abono. Aunque con los tratamientos Boñiga de res, Afluente y Efluente se aplicaron en cada parcela 90 kg/ha de nitrógeno, el tratamiento Boñiga de res presentó un rendimiento muy inferior a los otros dos tratamientos, lo cual indica la baja disponibilidad del nitrógeno contenido en la boñiga de res. Una comparación más exacta entre el efecto de las aplicaciones de afluente y de efluente será posible por medio del ensayo mencionado en el punto anterior.

Además del ensayo realizado con pasto de corte, se han planeado dos ensayos demostrativos con café, los que serán iniciados en Octubre de 1987. Ellos tienen como objetivo demostrar el efecto de diferentes dosis de efluente sobre el rendimiento, la vida útil del cafetal y la calidad del café.

12.2 El uso del efluente como abono en la práctica

El uso del efluente como abono en predios de pequeños agricultores con medios económicos reducidos y por lo tanto con una capacidad reducida para almacenar efluente, exige la aplicación permanente del bioabono en la misma medida en que éste es producido. Debido a las condiciones específicas de cada predio es imposible hacer un plan de aplicaciones que tenga validez general, por lo tanto aquí se usará como ejemplo un predio en el caserío La Arrobleda en las cercanías de Santander de Quilichao a unos 40 km al sur de Cali.

El predio tiene un tamaño de unos 1 280 m², pero sólo 540 m² son cultivados con relativa intensidad (figura 1). El predio es trabajado por el propietario, el cual cuando es posible, trabaja en los predios grandes vecinos, y por su esposa.

El biodigestor se construyó con el objetivo de tratar el estiércol de una marranera, diseñada originalmente con capacidad para 50 a 60 cerdos. El biogás se usa para cocinar, calefaccionar los cerdos recién nacidos y para iluminación. La familia consta de dos adultos y de dos menores.

La marranera no está siendo utilizada a su capacidad máxima. En agosto de 1987 había sólo 17 cerdas de 90 kg, 7 lechones y un reproductor. El alimento consta de harina de pescado, mijo, maíz, subproductos de la industria molinera (cascarilla de arroz, trigo y cebada), torta de soya, yuca picada, pasto picado, desperdicios de la cocina, vitaminas y sal.

La producción de afluente (estiércol de cerdo con el agua para el lavado de la marranera) llega a 0,3 mcb semanales y el biodigestor se carga semanalmente. La producción de biogás alcanza para los fines declarados y hay un resto sobrante que no se usa.

Algunas características químicas del afluente y del efluente se encuentran en la Tabla 4. En este caso se ha producido una situación singular. La planta de biogás fue diseñada para una cantidad mucho mayor de cerdos que la actual y originalmente debería ser cargada diariamente. Debido a que el tiempo de permanencia del estiércol en el biodigestor es actualmente siete veces más largo que en el caso normal, el grado de digestión de la materia orgánica es alto. Esto explica la reducción de sólidos totales extremadamente fuerte, aunque no se puede excluir la posible formación de sedimento en el fondo del biodigestor, como una causa más para la reducción de contenido de sólidos totales. En la planta de FUNDAEC, con un tiempo de retención de 40 días, se produjo una reducción del

contenido de sólidos totales de alrededor de un 40% (compare con Tabla 1) La reducción del contenido de nitrógeno puede ser consecuencia del largo período de retención, el cual podría favorecer la formación de diferentes óxidos de nitrógeno volátiles por la actividad de determinados grupos de microorganismos, que viven bajo condiciones anaeróbicas En la planta de FUNDAEC también se observó una reducción del contenido del nitrógeno total, pero ésta era mucho menor En todo caso el funcionamiento de la planta de biogás no ha sido afectado por el mayor tiempo de permanencia del estiércol en el biodigestor

Tabla 4 Algunos parámetros de la composición química del afluente y del efluente La Arrobleda, predio Angel Viáfara, 1987

Parámetro	Afluente	Efluente
pH	6,8	7,1
Sólidos totales (%)	6,4	1,1
Demanda química de oxígeno (mg/l)	25 600	7 810
Nitrógeno amoniacal (g/l)	0,7	0,3
Nitrógeno total (g/l)	1,4	0,7

La producción semanal de efluente alcanza a 0,3 mcb y la producción anual debe llegar a unos 15 a 20 mcb Esto representa una cantidad de nitrógeno de unos 10 a 20 kg y a una cantidad menor de fósforo y potasio El volumen anual de efluente aplicado a los 540 m² cultivados corresponde a una dosis de 270 a 370 mcb/ha o bien a una cantidad de 185 a 270 kg/ha de nitrógeno Considerando que sólo entre el 30% y el 70% del nitrógeno contenido en el efluente es realmente disponible para las plantas, dependiendo de la forma de aplicación y de las condiciones climáticas, es posible aplicar, por lo menos en años húmedos, la totalidad del efluente a la parte cultivada de la parcela Además, es posible aplicar efluente al guadual

Debido a que el predio está explotado principalmente para abastecer a la familia, las especies cultivadas son muy variadas Las principales son

- yuca
- piña
- café
- plátano
- caña de azúcar
- frijoles
- diferentes especies frutales
- hortalizas

Los diferentes cultivos se encuentran entremezclados (figura 38) Entre los frutales hay frijoles y caña de azúcar Las matas de piña se encuentran al borde del guadual y en los bordes del predio hay diferentes especies de árboles frutales La plantación de yuca está detrás de la marranera

La aplicación del efluente se realiza manualmente con baldes de 10 litros Es indispensable evitar un sobreabonamiento de los cultivos en los alrededores del biodigestor, pues éstos pueden ser dañados por una acumulación de sal en el suelo Especialmente durante el período seco debe cuidarse de una buena distribución del efluente Para este fin es posible aplicar bioabono también al guadual

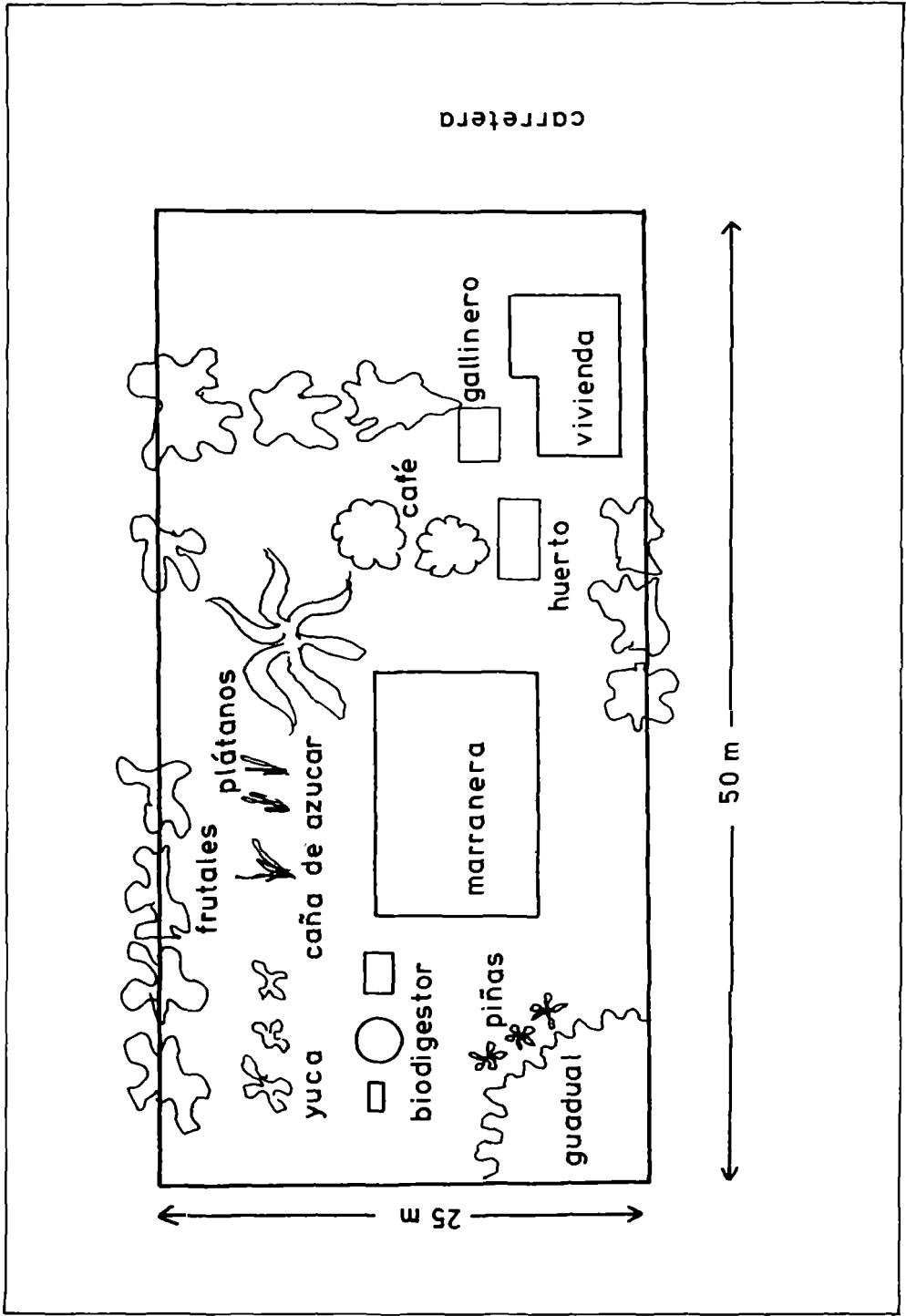


Figura 39 Esquema del predio Angel Viáfara La Arrobleda, 1987

Debido a que en los predios de los pequeños agricultores se cultivan normalmente muchas plantas diferentes y por lo tanto no es posible realizar ensayos para determinar la dosis óptima de aplicación para cada especie, se elaboró un catálogo de recomendaciones para la aplicación del efluente a las diferentes especies cultivadas en esos predios. Las recomendaciones se basan en parte en los ensayos realizados en el proyecto y en parte en la literatura. Estas recomendaciones se incluyen en esta documentación en forma de anexo.

Como se puede observar, el efluente aplicado como abono produce los mejores resultados, pero aún así, el efluente resultante del tratamiento de las aguas contaminadas, tiene un efecto muy provechoso y mayor que el del abono químico, representando doble beneficio para el agricultor, pues hace tratamiento para los desechos de su finca y reduce los costos por fertilización del suelo.



Parcela Experimental de Maíz Hacienda La Robleda

A continuación se incluyen recomendaciones para utilización del bioabono, las cuales se proponen con base en los ensayos preliminares realizados, pero al terminar el período total programado para este estudio, se publicarán los resultados finales y se harán las recomendaciones definitivas, perfectamente aplicables a nuestro medio agrícola.

12.3 Recomendaciones preliminares para el uso del Efluente de Plantas de Biogás como abono.

Por Ignacio Campino

El efluente de plantas de biogás es un abono valioso, casi libre de olores y gèrmenes patógenos. Aunque el contenido de nutrientes varía en un amplio rango, según el material original y la cantidad de agua que se agregue, se puede partir de la base que el efluente de una planta de biogás operada con estiércol de cerdo, tiene un contenido de nutrientes como el presentado en la Tabla , siempre que la marranera no se limpie con una cantidad excesiva de agua.

Cuadro No 3 Contenido de nutrientes del efluente de una planta de biogás operada con estiércol de cerdo

Nutriente	Unidad	
	kg/m ³	g/balde ¹⁾
N	20	200
P	02	20
K	06	60

1) 1 balde = 10 l

La tabla indica que el efluente es rico en nitrógeno, relativamente rico en potasio pero pobre en fósforo, lo cual debe ser considerado en vastas regiones del Valle del Cauca y también en otras regiones que tienen suelos ácidos, con bajo contenido de fósforo disponible y en los suelos que tienen la capacidad de fijar el fósforo. En esos casos es necesario aplicar una abonadura complementaria con un abono fosfatado adecuado, como por ejemplo di-fosfato de amonio, en una cantidad a determinar después de realizar los análisis de suelo correspondientes.

En el caso del efluente de plantas operadas con estiércol de vacuno, el contenido de nutrientes y en especial de nitrógeno, es menor.

Estas recomendaciones para la aplicación de efluente a diferentes cultivos de la región del Valle del Cauca y zonas adyacentes, se basan en el contenido de nitrógeno del cuadro 3. En cada caso particular se recomienda realizar análisis químicos del efluente de la planta, para así ajustar la dosis de aplicación del efluente al contenido real de nitrógeno. Esto es importante cuando la marranera o el establo es limpiado con una cantidad desconocida de agua, que luego pasa a la planta de biogás.

Para fijar las dosis de efluente para los diferentes cultivos, se usaron las informaciones obtenidas en los ensayos realizados hasta la fecha, en el proyecto de biogás Colombo-Alemán que se lleva a cabo en la CVC, informaciones de literatura internacional, como también estimaciones realizadas con base en los requerimientos nutricionales de los diferentes cultivos.

Estas recomendaciones deben ser consideradas como una primera aproximación, que será optimizada en la medida en que se generen nuevas informaciones.

En estas recomendaciones se han considerado los siguientes cultivos:

- Maíz
- Sorgo

- Pasto de corte
- Pradera de pastoreo
- Yuca
- Café
- Bananos y plátanos
- Limones, naranjas y mandarinas
- Papayos y otros frutales
- Hortalizas y huertos familiares

Maíz

El maíz es una especie de altos requerimientos nutricionales y en forma muy acentuada, cuando se cultiva para cosechar grano

En suelos pobres en fósforo, es necesario una abonadura complementaria con este nutriente. Una dosis adecuada de efluente corresponde a una cantidad de nitrógeno entre 100 y 200 kg/ha, lo que equivale a una cantidad de efluente entre 50 y 100 m³/ha. Bajo condiciones óptimas (riego y alta fertilidad), se pueden aplicar dosis de efluente de hasta unos 200 m³/ha o más. El efluente se aplicará en pre-siembra e incorporará ligeramente en el suelo.

En el sector campesino se recomienda hacer varias aplicaciones con baldes. La primera se realiza sobre la hilera antes de sembrar, a razón de 1 balde por 1 m de hilera a sembrar. Posteriormente, cuando el maíz haya alcanzado unos 50 cm de altura, (rodillero), se le aplica hasta 1 balde por mata (3 - 4 plantas), haciendo previamente una taza alrededor de cada planta, cuidando de no dañar las raíces ni el tallo del maíz. Si el invierno es húmedo, o se dispone de la posibilidad de regar, se puede hacer una tercera aplicación durante la floración a razón de hasta 1 balde por mata.

Sorgo o millo

Sorgo para grano puede ser abonado como maíz.

El sorgo forrajero o millo se trata como pasto de corte.

Pasto de corte

Inmediatamente después del corte se aplican entre 50 y 100 m³/ha de efluente. Esto corresponde a una cantidad entre 100 y 200 kg/ha de nitrógeno.

En el sector campesino se aplica con baldes a razón de 5 a 10 l/m² (0.5 a 1 balde por m²).

Praderas de pastoreo

Praderas de pastoreo en buen estado pueden ser tratadas con la mitad de las dosis para pasto de corte, o sea hasta unos 50 m³/ha después de cada uso. Praderas deterioradas en suelos pobres, deben recibir hasta unos 100 m³/ha después de cada pastoreo.

Yuca

La yuca es un cultivo capaz de absorber cantidades grandes de nutrientes del suelo, por lo que se recomienda una aplicación de efluente relativamente alta.

Una aplicación adecuada es de 2 - 3 baldes por planta al mes durante el período de lluvias.

Bananos y plátanos

Durante la estación húmeda se aplicarán 3 - 4 baldes por mata cada 2 - 3 semanas. El efluente no debe ser incorporado en el suelo, pues las raicillas superficiales, tanto del banano, como del plátano, no deben ser dañadas. En vez de incorporarse el efluente, se

cubrirá el suelo alrededor de cada planta con hojas de banano o plátano u otros materiales vegetales

Limonos, naranjos y mandarinas

Limonos, naranjos y mandarinas, como también el resto de los cítricos, son exigentes en nutrientes, pero abonados con cantidades de nitrógeno relativamente altas en relación con la aplicación de fósforo y potasio sube el rendimiento y disminuye la calidad de la fruta

Se recomiendan aplicaciones de 3 baldes por árbol cada 2 semanas durante el período de lluvias. Aplicaciones de efluente mayores, deben ser acompañadas de una fertilización complementaria con fósforo y potasio. Bajo riego y condiciones de fertilidad de suelo favorable, se pueden aplicar hasta 60 baldes por árbol, repartidos a lo largo del año. Esto corresponde a 600 l. de efluente por árbol.

Papayos y otros frutales

Papayos y otros frutales pueden ser abonados con hasta 4 baldes por mes durante el período de lluvias.

Hortalizas y huertas familiares

Hortalizas cuyas partes comestibles no crecen en contacto directo con el suelo, como por ejemplo tomates, pueden ser abonadas con efluente a razón de 1-2 baldes/m², en aplicaciones cada 2-3 semanas durante el período vegetativo. El efluente también puede aplicarse individualmente a cada planta.

Hortalizas de hoja, como por ejemplo lechugas, no deben ser abonadas con efluente, pero sí pueden ser cultivadas en un suelo que fue abonado con efluente en la temporada anterior.

Leguminosas, como por ejemplo el frijol, no deben recibir altas dosis de efluente, pues éste es rico en nitrógeno y puede inhibir la actividad de las bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno (rizobio). La aplicación se realizará en pre-siembra a razón de no más de 2 baldes por m².

Observaciones

Las recomendaciones aquí expresadas se refieren principalmente al período de lluvias, cuando las plantas pueden hacer un buen uso de los nutrientes aplicados

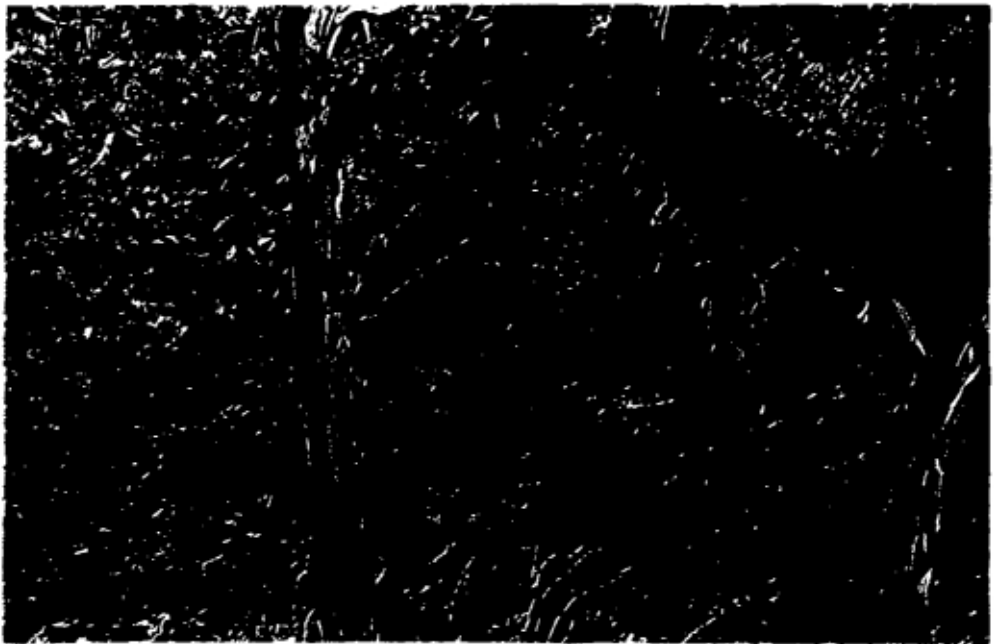
En el período seco deben evitarse aplicaciones altas a cultivos, plantas o árboles determinados, pues esto podría conducir a un aumento indeseado del contenido de sales en la solución del suelo, lo que puede ser dañino para las plantas. Por tal motivo, durante el período de lluvias se debe procurar hacer una distribución lo más homogénea posible del efluente, entre todos los cultivos disponibles y evitar aplicaciones altas a un solo cultivo o planta



Ilustración de Sistema de Cultivo en Pequeñas Parcelas, donde la utilización del bioabono puede ser fácilmente aplicable



*Sistemas de cultivos típicos
de pequeños predios rurales*



13. Actividades realizadas para la divulgación de la tecnología del biogás

13.1 Congresos, Seminarios, Talleres, etc.

La tecnología de la producción del biogás no se encuentra muy desarrollada en Colombia, por lo tanto el proyecto de biogás CVC-GTZ-OEKOTOP, ha realizado varias actividades con carácter divulgativo, a nivel nacional e internacional de las cuales se relacionan algunas de mayor interés para el programa

Cali, Junio 5 de 1986

■ Primer Taller "Difusión Plantas de Biogás"

Conferencistas	Ing Raúl Arias U Jefe Sección de Control de Contaminación - CVC "Presentación del proyecto de biogás" - CVC-GTZ-OEKOTOP "Aspectos ambientales"
	Ing Romano Nigiani - GTZ - OEKOTOP "Plantas de biogás - Diseño, construcción y costos"
	Ing Miguel Esguerra - GTZ - OEKOTOP "Dimensionamiento de las plantas - utilización del biogás"
	Bióloga Elvira Torres - GTZ - OEKOTOP "Fermentación de la masa orgánica, proceso anaeróbico"
	Economista Alberto Rodríguez - GTZ - OEKOTOP "Análisis de mercado y potencial"
Participantes	50 personas - ingenieros, químicos, biólogos, agrónomos, educadores y forestales

Cali, Agosto 19, 1986

■ Taller de "Difusión sobre producción y aprovechamiento de biogás"

Conferencistas	Ing Juan Gabriel Casas Lozada Jefe División de Aguas - CVC "Objetivos del curso - Introducción Convenio Colombo-Alemán"
	Ing Miguel Esguerra - OEKOTOP "Presentación GTZ y sus programas" "Energía - Comparación económica con otras fuentes de energía"
	Ing Nicolai Hees - GTZ - OEKOTOP "Condiciones ambientales para las plantas de Biogás"
	Ing Romano Nigiani - GTZ - OEKOTOP "Tipos de plantas de biogás"

Ing Ignacio Campino - GTZ OEKOTOP
"Bioabono"

Participantes 18 personas Sección de Cuencas Hidrográficas en las diferentes zonas del Valle

Cali, Octubre 14 al 17 de 1986

■ Seminario Taller Internacional "Sobre Biogás y otras fuentes alternas de energía en el medio rural - FAO - GTZ - CVC

Conferencistas Ing Raúl Arias U - CVC, Colombia
Ing Franklin Carrasco - INE, Ecuador
Ing Martín Villarroel - PACC, Bolivia
Ing Adalberto Medina - UNSA, Perú
Ing Rómulo Salas - Venezuela
Ing Romano Nigiani - GTZ - CVC, Colombia
Bióloga Elvira Torres - GTZ - CVC, Colombia
Ing Miguel Esguerra - GTZ - CVC, Colombia
Dr Horst Finck - GTZ Pesenca, Barranquilla
Ing Luis E Saavedra - GTZ - CVC

Participantes 25 investigadores sobre fuentes alternas de energía en la red andina y cerca de 50 participantes invitados

Palmira, Diciembre 10 1986

■ Seminario sobre "Biodigestores" - ICA, Palmira

Conferencistas Ing Romano Nigiani - GTZ
Ing Raúl Arias U - CVC
Bióloga Ana Cristina Perilla - CVC
Bióloga Elvira Torres - GTZ

Participantes. 47 personas profesionales de asistencia técnica y productores vinculados a explotaciones pecuarias y otras personas interesadas en el tema

Además de lo anterior, se ha participado como conferencistas en actividades de otros organismos como son

Cali, Julio 7 al 16 de 1986

■ Seminario sobre "Cuencas Hidrográficas" - Red Latinoamericana de Cuencas-FAO-CVC-GTZ

Países participantes Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Chile, Ecuador, Méjico, Panamá, Perú, Venezuela y Colombia

Participación del convenio CVC-GTZ con los siguientes temas

Ing Raúl Arias U
"Control de la Contaminación Hídrica - Alternativas"

Ing Romano Nigiani
"Biodigestor Tradicional"

Cali, Septiembre 1 al 5 de 1986

■ Seminario sobre "Fuentes alternativas de energía" - Universidad del Valle

Participación del convenio CVC-GTZ

Ingeniero Romano Nigiani

"Tratamiento anaeróbico de desechos agroindustriales"

Brasilia, Brasil, Noviembre 24 al 29 de 1986

■ Mesa Redonda sobre fuentes alternativas de energía para el desarrollo rural

Participación del convenio CVC-GTZ

Ingeniera Amparo Duque V

"Uso de nuevas fuentes de energía a nivel de la comunidad"

Países participantes Argentina, Bolivia, Brasil, Cuba, Chile, Colombia, Guatemala, México, Uruguay

Guatemala, Febrero 16 al 18, 1987

■ Tercer Simposio Internacional sobre la utilización integral de los subproductos del café - ICAITI

Participación del convenio CVC-GTZ

Ingeniero Raúl Arias U - CVC

"Tratamiento anaeróbico"

Ingeniero Romano Nigiani - GTZ

"Uso del Biogás"

Países participantes Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Estados Unidos, Cuba, Argentina

Barranquilla, Agosto 13 al 14, 1987

■ Foro sobre "Tecnologías apropiadas y conservación de recursos naturales" - Universidad del Norte y FEN

Participación convenio CVC-GTZ

Ingeniero Romano Nigiani

"Las plantas de biogás en el departamento del Valle del Cauca"

Ingeniero Raúl Arias U

"Control de contaminación en la jurisdicción de la CVC"

13.2 Programas de Capacitación de Técnicos y Personal Especializado Colombiano

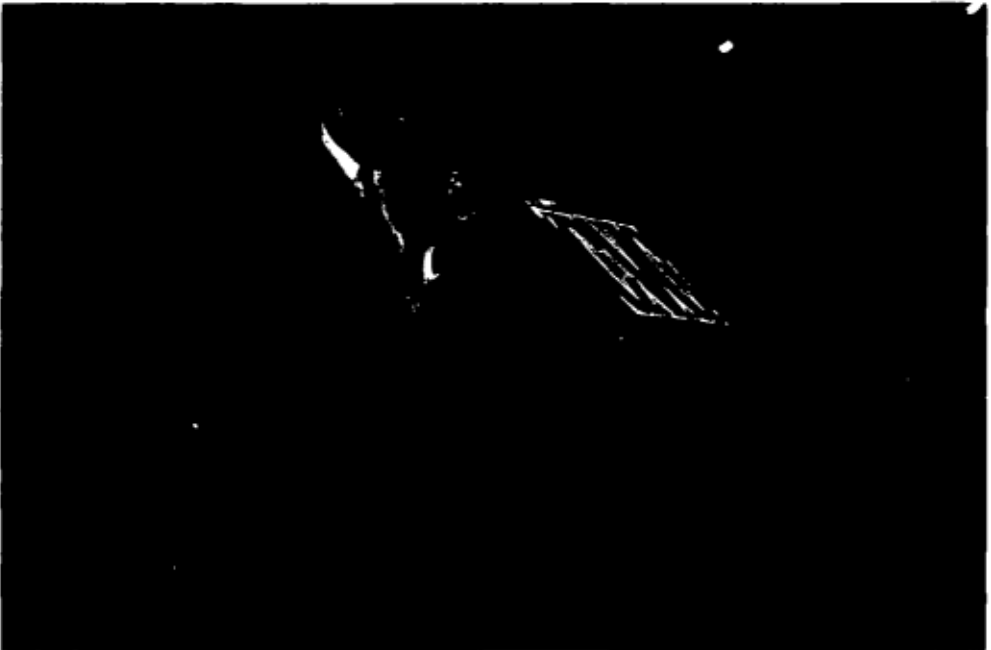
Desde el comienzo del proyecto se llevó a cabo varios programas para la capacitación e intercambio con ingenieros, técnicos y otro personal especializado colombiano, en la tecnología del biogás y su aprovechamiento

Entre otros mencionamos

- Capacitación del personal de CVC para planeación y diseño (ingenieros) y maestros para la construcción de plantas de biogás
- Capacitación e intercambio con ingenieros consultores locales para planeación, asesoramiento y construcción
- Capacitación de mano de obra local y especialmente maestras de Nariño del Proyecto de Cooperación Técnica Colombo Alemana entre GTZ y Corponariño (COTECA) e ingenieros de la Costa Atlántica del Proyecto GTZ-PESENCA

Este personal será destinado a divulgar la tecnología del Biogás en sus respectivos departamentos

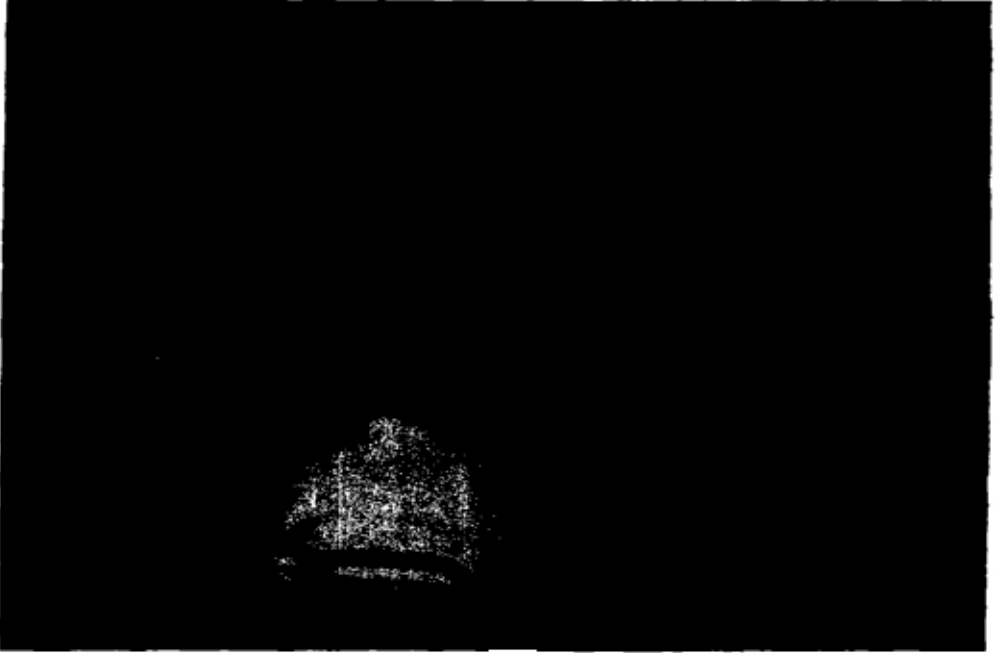
- Capacitación de personal especializado de CVC, integrantes del proyecto, con cursos especiales de tres meses en la República Federal Alemana



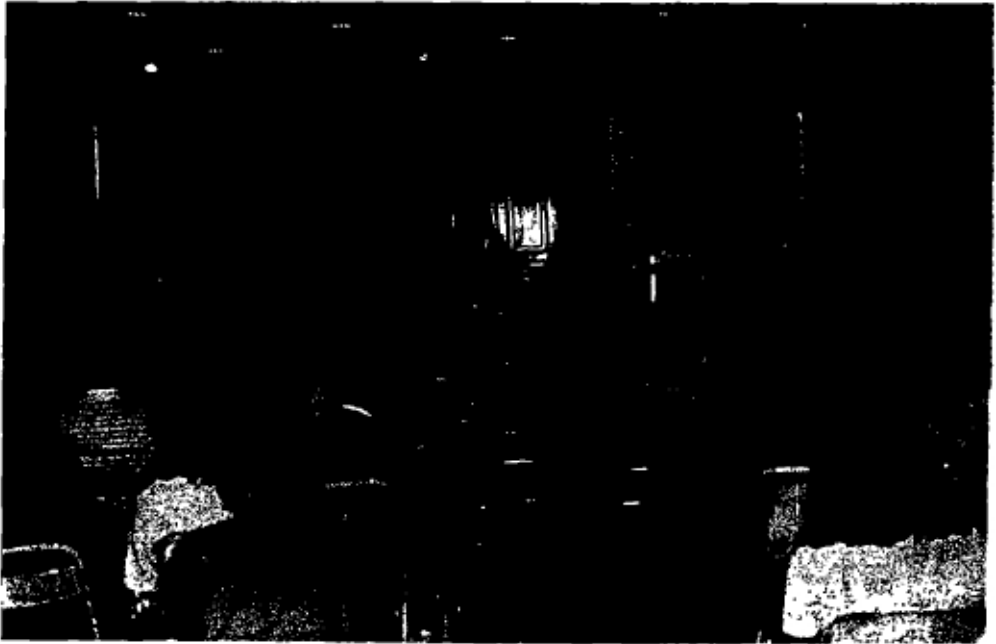
Seminario Internacional sobre Biogás Organizado - FAO - CVC - GTZ, en Cali - Octubre 14-17 de 1986



Seminario Taller sobre la Tecnología del Biogás Cali, Junio 5 1986



Simposio Internacional sobre Tratamiento Anaeróbico organizado por ICAITI - Ciudad de Guatemala, feb 16 1987



Seminario sobre Tratamiento Anaeróbico de los desechos y subproductos del Café en Antigua (Guatemala) Feb 17 1987



Divulgación de las Plantas de Biogás. Visita de campo a las obras por parte de participantes a los Seminarios



Seminario Internacional de Cuencas Hidrográficas, organizado por FAO - CVC - GTZ, Cali, julio 6 al 17 de 1986 Visita a las Plantas



Personal de la Sección de Cuencas Hidrográficas - CVC visitando las Plantas de Biogás



Visita al Proyecto del Señor Embajador de la República Federal Alemana, Dr. Joachim Schlaich y otros representantes del gobierno alemán, Cali, Abril 30 de 1987

14. Desarrollo de sistemas anaeróbicos para el tratamiento de otros desechos agroindustriales

Para solucionar los problemas de contaminación que se van presentando en la medida en que aumenta la población y se buscan nuevas fuentes de trabajo, con el fin de encontrar un argumento atractivo para los usuarios agroindustriales, el convenio CVC-GTZ deseó investigar la aplicación de diferentes desechos agrícolas a la tecnología del biogás

Uno de los problemas serios de contaminación lo producen los desechos de fique y yuca, que por el alto contenido de sustancias tóxicas (saponina y cianuro de potasio), afecta en forma severa las aguas superficiales que alimentan el alto río Cauca

Como estas estas son industrias artesanales que significan el sustento del grupo familiar (fotos No. 1A, 1B, 1C), principalmente de comunidades indígenas, se hace difícil una aplicación estricta de la ley y es preferible encontrar una solución que convenga a todos

Con este propósito fueron enviados los expertos alemanes, como asesores a corto plazo, Ing Agrónomo Wolfgang Raddatz y el químico P. Kolbusch, quienes buscaron determinar si los desechos generados de las industrias del fique y la yuca se pueden aplicar en la producción de energía (biogás) o pueden tener otra utilidad

Se realizaron varios muestreos en la zona de Mondomo para los desechos de yuca y en Paniquitá y Totoró para el fique (foto No. 2) y se realizaron numerosos análisis de laboratorio, así como determinación de actividad metanogénica, tratamiento del desecho a nivel de laboratorio en reactores anaeróbicos y bioensayo con el desecho antes y después de su tratamiento

Ambos desechos se consideraron con características para ser tratados anaeróbicamente, ya que hay buena producción de biogás y remoción de tóxicos en una proporción elevada

Sin embargo, para el fique las condiciones sociológicas y de infraestructura hacen muy difícil el tratamiento del desecho del lavado

Para la yuca es más favorable, pues se facilita la recolección de los desechos y aprovechamiento del biogás, pero su beneficio será aplicable únicamente para rallanderías grandes



*Matrimonio
indígena desfi-
brando fique
en la zona de
Paniquitá,
Cauca*



*Acarreo de la
fibra de fique*



*Proceso del
pelado manual
de yuca en El
Llanito, Cauca*

Con la llegada al proyecto del segundo experto a largo plazo, Dr Rolf Kloss, se continuaron los estudios mencionados anteriormente y se ampliaron las investigaciones a otros tipos de desechos agroindustriales

Así se logró planear y diseñar un biodigestor de flujo ascendente y con retención del lodo para el tratamiento de desechos de matadero (2 animales sacrificados/semana) una marranera y aguas residuales (3 000 lt/día) en el predio del señor Tiburcio Toro, situado en el Valle del Lily, lo cual presenta una alternativa más a las ya existentes para este tipo de desechos



Asesores alemanes a corto plazo, en trabajos de campo, en la zona de Paniqitá, Cauca, con desechos de fique

15. Resumen del programa actual y futuro. Conclusiones

Después de cumplida la primera fase del proyecto, la cual terminó en noviembre de 1986, con muy buenos resultados, como son la construcción de varias plantas de biogás, capacitación de personal de CVC y de ingenieros consultores particulares, proyectos para nuevas plantas, estudio sobre todo tipo de desechos para obtención del biogás, actividades de divulgación y ensayos sobre biofertilización, además de otras actividades inherentes al proyecto, para la continuación del mismo en la Segunda Fase se han fijado los siguientes propósitos

A partir de noviembre de 1986 y hasta noviembre de 1988, se desarrollarán las siguientes actividades

- Construcción de nuevas plantas de biogás para el tratamiento de desechos agroindustriales
- Divulgación de plantas standard en las industrias agropecuarias en el Valle del Cauca y otros departamentos
- Estudiar la producción local de equipos de gas líquido que se puedan adaptar para utilización del biogás
- Asesoría a las empresas agroindustriales en el uso del efluente de biodigestores como bioabono
- Divulgación de la tecnología de biogás, a través de seminarios, conferencias, publicaciones de prensa y edición de un documento

Todo lo anterior se realizará mediante la participación de las partes interesadas - CVC-GTZ y OEKOTOP, así como la colaboración directa de los usuarios de las plantas de biogás, con suministro de materiales y mano de obra

Existen grandes expectativas sobre el éxito de esta segunda fase, actualmente en curso, y de acuerdo con los resultados puede pensarse en una prolongación del convenio

16. Bibliografía

Las siguientes publicaciones fueron de particular importancia para la elaboración de este documento sobre el proyecto

En orden de publicaciones de

Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

- 1 Arbeitsmaterialien zur Biogasverbreitung OEKOTOP GmbH, Berlín, (1982)
- 2 La planta de Biogás, Ludwig Sasse (1984)
- 3 Production and Utilization of Biogas in Rural areas of Industrialized and Developing Countries (1985)
- 4 GTZ - Praktischer Leitfaden fuer Biogasanlagen in der Tierproduktion
Uli Werner, Ulrich Stöhr, Nicolai Hees (1986)

A todos los sobre mencionados, nuestros agradecimientos

Romano Nigiani





