

**PROPUESTA PARA EL FILTRADO Y COMERCIALIZACIÓN DE  
BIODIGESTORES DE BAJO COSTO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A  
PARTIR DE EXCRETAS EN LA VEREDA DE PIAMONTE**

**MARÍA SOFÍA SALCEDO  
JUAN DIEGO NARVÁEZ  
JUAN ESTEBAN MENDOZA**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**ORIENTADOR  
JULIAN ANDRÉS GÓMEZ VARGAS  
ADMINISTRADOR DE EMPRESAS**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**BOGOTÁ D.C.-**

**2022**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre  
Firma del Director

---

Nombre  
Firma del presidente Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

Bogotá, D.C. febrero de 2022

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Marcel Hofstetter

Director de programa

Dr. Julián Andrés Gómez Vargas

Las directivas de la Universidad América, Los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
PLANTEAMIENTO DE LA IDEA	13
OBJETIVOS	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
1. MARCO TEÓRICO	16
1.1 Biomasa	16
1.2 Estiércol líquido y cosustratos	17
1.3 Bioabono	17
1.4 Biogás	18
<i>1.4.1 Rol de los compuestos en el biogás</i>	19
1.5 Biodigestión	20
<i>1.5.1 Biodigestor</i>	20
<i>1.5.2 Clasificación de los biodigestores</i>	21
<i>1.5.3 Respiración anaerobia</i>	22
2. ESTUDIO DE MERCADO	23
2.1 Barreras de entrada	23
<i>2.1.1 Barreras políticas.</i>	23
<i>2.1.2 Barreras económicas.</i>	24
<i>2.1.3 Barreras sociales.</i>	24
<i>2.1.4 Barreras tecnológicas</i>	24
<i>2.1.5 Barreras ambientales</i>	25
<i>2.1.6 Barreras legales</i>	25
2.2 Segmentación del mercado	26
<i>2.2.1 Segmentación geográfica</i>	26
<i>2.2.2 Segmentación demográfica</i>	27
<i>2.2.3 Segmentación psicosocial</i>	28
<i>2.2.4 Segmentación conductual</i>	28
2.3 Investigación de mercados	28

2.3.1	<i>Muestreo</i>	29
2.3.2	<i>Análisis de la demanda</i>	29
2.3.3	<i>Demanda potencial</i>	30
2.3.4	<i>Demanda real</i>	31
2.4	Análisis de la oferta	32
2.4.1	<i>Análisis relación oferta-demanda</i>	32
2.5	Precio	33
2.6	Plaza	34
2.7	Promoción	34
2.8	Costos y gastos estudio de mercado	35
3.	ESTUDIO TÉCNICO	36
3.1	Selección del modelo	36
3.1.1	<i>Análisis de resultados</i>	37
3.2	Característica del producto	37
3.2.1	<i>Variables</i>	38
3.2.2	<i>Entradas</i>	39
3.2.3	<i>Procesos de digestión para el Biodigestor Tubular</i>	40
3.2.4	<i>Caja para filtro de entrada y salida</i>	43
3.2.5	<i>Plástico o Geomembrana</i>	44
3.3	Aplicación del modelo	46
3.3.1	<i>Resultados</i>	48
4.	ESTUDIO DE CAPACIDADES	49
5.	PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES	51
6.	CONCLUSIONES	54
	BIBLIOGRAFIA	55
	ANEXOS	58

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Producción de Biogás	16
Figura 2. Demanda Potencial del mercado	30
Figura 3. Relación oferta-demanda del mercado	33
Figura 4. Diagrama esquemático de un biodigestor tubular de geomembrana.	38
Figura 5. Esquema de las cajas de entrada y salida filtrantes	44
Figura 6. Nuevo proceso de operación con etapas de filtrado	47

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Propiedades de la composición estándar del biogás	18
Tabla 2. Composición de biogás y sus propiedades	19
Tabla 3. Mapa población bovina 2021	27
Tabla 4. Población bovina en el municipio de Fusagasugá	27
Tabla 5. Proyección de la demanda potencial 2018 - 2024	30
Tabla 6. Proyección de la demanda real 2018 - 2024	31
Tabla 7. Oferta de la empresa por tipo de productos 2018-2021	32
Tabla 8. Costos y gastos estudio de mercados	35
Tabla 9. Comparación de tipos de biodigestores	36
Tabla 10. Temperatura para la producción de biogás	39
Tabla 11. Valores promedio de producción de estiércol/día por animal	40
Tabla 12. Análisis comparativo de Plástico y Geomembrana	45
Tabla 13. Materiales necesarios por proyecto	51
Tabla 14. Resumen de material necesario semanal	52

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Actividad agropecuaria por región	59
Anexo 2. Encuesta para el estudio de mercado	60
Anexo 3. Modelo de Producto Terminado	63
Anexo 4. Presentación material de sección tubular para biodigestor	64
Anexo 5. Base de datos de Estudio de Capacidad	65
Anexo 6. Plan de requerimiento de materiales	69

## RESUMEN

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN:** Medio ambiente y energía.

**COBERTURA DEL PROYECTO:** Vereda Piamonte, del Municipio de Fusagasugá – Cundinamarca.

**CAMPO DE INTERÉS:** Sector servicios y subsector energía.

En este trabajo, se describe la oportunidad de mejorar la calidad de vida de fincas agropecuarias en la vereda de Piamonte, Cundinamarca, al instalar biodigestores que les permitan producir energía y biofertilizante para su sostenibilidad. Dado que este es un nuevo proyecto para el municipio, este no cuenta con un sistema de comercialización, instalación y logístico de los biodigestores, razón por la que este proyecto, por medio de herramientas tecnológicas como Excel, brinda una propuesta que le permite tener un acercamiento efectivo y fácil al cliente, un plan acertado de instalación, así como una gestión interna de control logístico al momento de efectuar el proyecto.

**Palabras claves:** biodigestor, excretas, energía, materia orgánica, producción de combustible, bioabono, proyecto agrícola.

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La situación energética mundial se identifica por la desigualdad tanto de la oferta como de la demanda, siendo, además, la energía el elemento limitante que frena o retrasa el desarrollo económico de un país. La sociedad moderna busca la mejora continua de la calidad de vida contribuyendo a la solución de asuntos económicos, sociales y ambientales. A su vez, un efecto secundario en la búsqueda del desarrollo es la emisión de gases de efecto invernadero.

En Colombia, debido a su ubicación geográfica, dificultad de acceso y el elevado precio de los combustibles, las zonas rurales agropecuarias suelen gastar mucho más dinero en el acceso a la energía con relación a las zonas urbanas, además de disponer de un servicio de baja calidad con un número de horas reducido de prestación. La demanda de energía térmica en estas zonas es suplida en su mayor parte mediante el uso de madera o gas propano en cilindros.

Según datos del Departamento Administrativo de Estadística (DANE), en la encuesta de calidad de vida (ECV), 1,6 millones de familias en Colombia usan leña para cocinar todos los días, de las cuales 1,4 millones son familias rurales y las restantes 200 mil son familias urbanas; esto representa el 13.6% de la población colombiana (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). Sin embargo, a esa práctica se asocian 2.286 muertes y 1,2 millones de enfermedades en Colombia, en el 2015; principalmente, porque cocinar con combustibles sólidos, como carbón o leña, produce elevados niveles de contaminación del aire, ya que se liberan elementos peligrosos para la salud como partículas de hollín que penetran profundamente en los pulmones, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (Organización Mundial de la Salud -OMS-, 2020).

Por otra parte, en las fincas agropecuarias la libre disposición de estiércol en el campo o su tratamiento inadecuado lo convierte en una Nota. significativa de contaminación y en una Nota. de infección para los humanos, ya que facilita el crecimiento de vectores (Liriano, 2005). Esparcir estiércol fresco o seco como fertilizante no es bueno para la agricultura, porque primero debe descomponerse antes de que pueda ser utilizado por los cultivos; también, esta práctica no es recomendable por el peligro de contaminación que puede significar la infiltración de materia orgánica sin digerir para el manto freático o los cursos de agua (Vásquez, 1997).

El uso de otro tipo de sustento energético como el gas propano representa un alto costo financiero y el empleo de combustibles fósiles, junto con las limitaciones propias de la red de interconexión eléctrica colombiana, ha impulsado progresivamente el uso de energías alternativas en los distintos sectores productivos del país, especialmente en las zonas rurales, donde la necesidad insatisfecha de suministro energético como el potencial para la generación de energía a partir de Notas renovables (González, Daza, & Urueña, 2007).

La implementación de procesos de obtención y transformación de energía a partir de desechos orgánicos es una alternativa factible para la vereda Piamonte, la cual se encuentra ubicada al norte del municipio de Fusagasugá-Cundinamarca, entre la vía San Miguel-Bogotá , que no cuentan con acceso a la red de gas domiciliario y déficit energético, sin embargo, dentro de la separación de la materia prima del proceso se evidencia la pérdida considerable de residuos orgánicos útiles por la presencia de trazas solidas pertenecientes al ambiente de recolección como piedras y tallos pues no se cuenta con buenas técnicas de recolección y clasificación de estos.

## PLANTEAMIENTO DE LA IDEA

En Colombia, los biodigestores constituyen una importante alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos generados en las zonas pecuarias y agrícolas, pues permiten disminuir la contaminación que estas prácticas generan, mejorar la calidad del fertilizante, eliminar los olores perjudiciales y generar mediante los procesos de transformación de la materia orgánica la obtención de biogás, gas combustible que puede utilizarse para cocinar alimentos, calentar agua, generar electricidad, y obtener luz directamente usando lámparas de gas.

En la implementación de la estrategia de enfrentamiento al cambio climático, se plantea que, la medida consistente en disminuir el consumo de combustibles de origen fósil, el carbón, la leña y el gas propano en cilindros con el empleo de Notas renovables de energía, además de disminuir el impacto ambiental de las practicas agropecuarias mediante el proceso de obtención del biogás, haciendo referencia con eso al apartado número siete (7) de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, “Energía Asequible y No Contaminante”. (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

Para la comercialización de un sistema de generación de Biogás que posibilite la obtención de abono biológico mediante el tratamiento de la excreta producida por los animales en fincas agropecuarias en la vereda Piamonte, pretende brindar un horizonte económico en donde se demuestre la viabilidad de implementación de energías limpias en el sector agropecuario rural, adicional a las ventajas ya conocidas y expuestas de la implementación de los biodigestores, en vista de las dificultades que se presentan para la separación de la materia prima de las trazas que contiene, se implementa en el equipo un pre-proceso y un pos-proceso que funcionará como un filtro, adicional a los ya conocidos, con el fin de optimizar el aprovechamiento de los residuos orgánicos a tratar.

En este trabajo se analiza de manera detallada la importancia de la producción de biocombustibles, a partir de residuos sólidos orgánicos, revisando los tipos de biodigestores que existen, señalando el más eficiente y de bajo costo para los habitantes de la vereda de Piamonte, especialmente, los que se generan a partir de residuos sólidos orgánicos. Se clasifican los impactos por factores políticos, ambientales, económicos, tecnológicos y legales de la producción de los biodigestores,

además de un estudio de mercado que identifique la segmentación potencial del estudio, un estudio de capacidad y un plan de requerimiento de materiales que se ajuste a cada proyecto individual.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Realizar una propuesta para el filtrado y comercialización de biodigestores de bajo costo en la producción de biogás a partir de excretas en la vereda de Piamonte.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un estudio de mercado que permita identificar la población objetivo en la vereda Piamonte.
- Identificar un tipo de biodigestor del mercado nacional, que se adapte a las condiciones productivas existentes en la vereda Piamonte.
- Resolver asertivamente la problemática presentada en el proyecto con las nuevas etapas de filtrado incorporadas en el producto.
- Realizar un estudio de capacidades para el requerimiento mínimo de biomasa para la producción de biogás y biofertilizante según número y tipo de animales.
- Desarrollar una base de datos en Excel que permita sistematizar el plan de requerimiento de materiales para el Biodigestor.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Biomasa

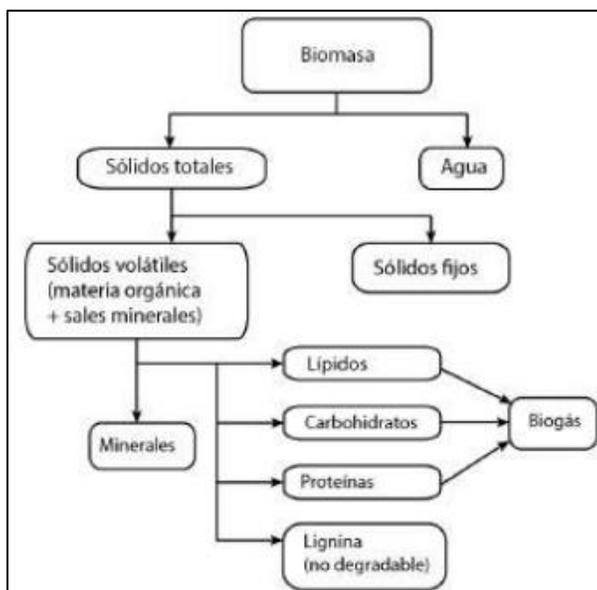
La biomasa es un tipo de energía renovable donde se emplea como Nota. de energía la materia orgánica creada mediante un proceso, ya sea, biológico, espontaneo o también puede ser provocado.

Existen diferentes tipos de biomasa como, por ejemplo:

- **Natural:** Es la que se producen sin necesidad de intervención humana.
- **Residual seca:** Es la que se produce por medio de las diversas actividades agrícolas o forestales, también en procesos de industrias madereras o agroalimentarias.
- **Residual húmeda:** Se puede producir a través de aguas residuales industriales o urbanas, como también con los residuos del sector ganadero.

Figura 1.

*Producción de Biogás*



**Nota.** Representa el esquema de producción de Biogás. Tomado de: Arrieta-Palacios, W. (Junio de 2016). diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. Piura (Arrieta-Palacios, 2016)

En general, cualquier sustrato (elementos fuertes o soportes físicos distintos al suelo) puede utilizarse como biomasa siempre que contenga carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y hemicelulosa como componentes principales. (Medel, 2010). Para elegir la biomasa, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Contenido de sustancias orgánicas de acuerdo con la fermentación necesaria.
- Valor nutricional alto de sustancias orgánicas.
- Sustrato libre de agentes patógenos para que no haya inhibición en la fermentación.
- Control adecuado de toxinas y sustancias perjudiciales.
- Reutilización del co-producto del sustrato.

## **1.2 Estiércol líquido y cosustratos**

Muchos productores solo tratan el estiércol líquido y co-sustratos como desperdicio. Sin embargo, cada vez más personas están comenzando a aprovecharlo al máximo. Lo están convirtiendo en una Nota. de energía, pudiendo así ahorrar dinero. Son purines que afectan y provocan daños a los suelos al haber una acumulación y disposición de ellos. Tienen la capacidad de fermentar y generar un impacto ambiental. Los desechos de cerdo, ganado, aves de corral y otros subproductos de la producción agrícola se pueden utilizar para la producción de biogás y la generación de electricidad, reduciendo así el impacto ambiental negativo causado por los desechos, haciendo así un nuevo modelo de negocio aportando por beneficios económicos a los productores.

## **1.3 Bioabono**

### **a. Efluente líquido**

Alta disponibilidad de nutrientes y la positivo para el crecimiento de las plantas, puede aplicarse inmediatamente sale del biodigestor, o almacenarse en tanques tapados por un periodo no mayor a 4 semanas, para evitar pérdidas de nitrógeno.

## b. Efluente seco

El resultado del secado es una pérdida casi total del nitrógeno orgánico (cerca del 90%), lo que equivale al 5 % del nitrógeno total. Las producciones observadas en cultivos al utilizar el efluente seco son las mismas que al usar estiércol seco o estiércol almacenado, este procedimiento se recomienda cuando se vayan a fertilizar grandes áreas, o la distancia a cultivos sea largo y difícil.

## 1.4 Biogás

Es un gas combustible que es generado de manera natural o por medio de diferentes dispositivos específicos por acción de microorganismos por las reacciones de biodegradación que ocurren por materia orgánica y distintos integrantes, en ausencia de oxígeno. Como resultante una mezcla compuesta por Metano (CH<sub>4</sub>), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>S), Amoníaco (NH<sub>3</sub>), vapor de agua, polvo, Nitrógeno (N<sub>2</sub>) y Siloxanos. Se genera por la reacción de biodegradación de materia orgánica en un ambiente anaeróbico. (Medel, 2010)

Tabla 1.

*Propiedades de la composición estándar del biogás.*

Composición	55-70% metano
	30-45% Dióxido de carbono
	Trazas de otros elemento
Energía contenida	6,0 – 6,5 Kwh./m <sup>3</sup>
Equivalente en combustible	0,6 – 0,65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
Limite de explosión	6 - 12 % biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 - 750 ° C (según metano contenido indicado)
Presión crítica	75 89 bares.
Temperatura crítica	-82.5° C
Densidad normal	1,2 Kg./m <sup>3</sup>
Olor	Huevos en mal estado
Masa molar	16,043 Kg./kmol

**Nota.** Datos de propiedades de la composición estándar del gas. Tomado de: (Medel, 2010), estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros [Trabajo de grado], Universidad de Chile.

Por medio de proceso anaerobio por descomposición, la obtención del biogás es muy útil para procesar los residuos biodegradables produciendo energía.

Tabla 2.

*Composición de biogás y sus propiedades.*

<b>CO2</b>	25 - 50 % vol	Baja el poder calorífico
		Incrementa el número de metano
		Causa corrosión
		Daña celdas alcalinas de combustible
<b>H2S</b>	0 - 0,5 % vol	Corrosión en equipos y piping
		Emisiones de SO2 después de los quemadores
		Emisión de H2S en combustión imperfecta
		Inhibición de la catálisis
<b>NH3</b>	0 - 0,05 % vol	Emisión de Nox
		Daño en las celdas de combustibles
<b>Vapor de agua</b>	1 - 5 % vol	Corrosión en equipos y piping
		Daños de instrumentación por condensado
		Riesgo de congelar y bloquear tuberías y válvulas
<b>Polvo</b>	> 5µm	Bloquea las boquillas y celdas de combustibles
<b>N2</b>	0 - 5 % vol	Baja el poder calorífico
<b>Siloxenos</b>	0 - 50 [mg/m3]	Actúan como abrasivos, daño en motores

**Nota.** Datos de la composición de biogás y sus propiedades. Tomado de: (Medel, 2010), estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros [Trabajo de grado], Universidad de Chile.

#### **1.4.1 Rol de los compuestos en el biogás**

##### **a. CO2**

Es inofensivo para muchas de sus aplicaciones. Pero debe ser separado en la disposición de metano concentrado en la inyección del gas natural (Biogás). Es esencial en la formación de metano en el gas, por lo tanto, no se busca desaparecerlo. (Briceño G, Coronado S, & Molina S, 2019) .

##### **b. N2 y O2**

El objetivo principal de estos componentes es eliminar el ácido sulfhídrico que se encuentra presente en el reactor.

##### **c. NH3**

Es el encargado de brindar a la reacción alcalinidad, debido a esto, hay que tener y mantener un porcentaje bajo, porque, de lo contrario inhibirá la producción de biogás y no se llegaría a lo pensado en la producción.

#### **d. H<sub>2</sub>S**

Lo más importante y primordial, es primordial conservar el ácido sulfhídrico en los niveles más bajos posibles, debido a que, pueden ocurrir daños irreversibles debido al alto potencial de corrosión. Normalmente, el biogás es desulfurizado.

#### **e. Siloxanos**

Básicamente son compuestos de silicio presentes en forma de vapor en el biogás. Donde parte de estos compuestos se cristalizan creando sílice, el cual tiene un daño grande en los equipos mecánicos por causa de la abrasión. Se separan del biogás mediante adsorción con carbón activo, en otras palabras, son variantes de la silicona y se presentan como grupos separados en el biogás, donde, las concentraciones aceptables de estos compuestos son de 0.2 mg/m<sup>3</sup>. (Ezequiel Dolzani, 2017)

### **1.5 Biodigestión**

Es un proceso en donde se desarrolla por medio de microorganismos donde trabajan en ausencia de oxígeno con el fin de transformar la materia orgánica en biogás y se obtiene como resultado un efluente biofertilizante rico en nutrientes, incluyendo la parte no fermentada y el ingrediente usado.

#### **1.5.1 Biodigestor**

Es un depósito cerrado herméticamente e impermeable, llamado recipiente o tanque en el cual se introducen residuos orgánicos mezclados con agua para ser fermentados y digeridos por microorganismos para producir biofertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio y biogás como componente energético, este gas es rico en metano, dióxido de carbono, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno. El proceso interior del biodigestor consiste en la descomposición de la materia orgánica para así poder generar biogás, y así con los residuos de este proceso, formado por efluente y lodo, se utiliza como biofertilizante, donde, se pueden aplicar directamente al campo como fertilizante líquido o envasar después de la aplicación de un sistema de secado.

### ***1.5.2 Clasificación de los biodigestores***

#### **a. Biodigestor discontinuo o por lotes.**

Los biodigestores discontinuos o por lotes son tanques o recipientes herméticamente cerrados, es decir, ya cuando se cargan, no es posible extraer ni adicionar sustratos hasta que el proceso de producción de biogás haya finalizado completamente. Una ventaja de estos biodigestores es la capacidad de admitir una mayor carga de materiales poco diluidos, es decir, se necesita menos agua a comparación de los biodigestores continuos.

Otro aspecto importante es que no los afectan es cuando hay presencia de materiales más pesados como lo son la arena o la tierra, pero la producción de biogás es notablemente menor, debido al agotamiento rápido de los nutrientes para los microorganismos anaeróbicos.

#### **b. Biodigestores continuos**

Los biodigestores continuos son contenedores perfectos y muy útiles para personas propietarias de animales de granja ya que son óptimos debido a su mantenimiento fácil en pequeñas cantidades, por lo que, es un diseño bastante común y muy apropiado para instalaciones pequeñas, ya que, únicamente tienen una entrada para el material orgánico y una salida. Cuando entran los residuos hacen cierto recorrido por determinado tiempo, que al final de este, se obtiene fertilizante para los cultivos. En el trayecto que hace el material orgánico se va produciendo biogás.

#### **c. Biodigestores de bajo costo**

Los biodigestores de bajo costo son taques o contenedores construidos a partir de mangas de polietileno tubular, se caracterizan por tener una cámara subterránea libre de oxígeno en dónde se alimenta de los residuos orgánicos y allí se hace la digestión anaerobia. Toda su construcción se hace con materiales económicos como, por ejemplo, tubos de PVC que son los encargados de transportar el biogás, además de que su instalación es bastante sencilla, por lo que no se necesita un monitoreo detallado y constante debido a que no es necesario sistemas de mezclas internas o

calefacción. Dependiendo de la necesidad se pueden construir con diferentes flujos de biogás. También, es una tecnología bastante funcional con una correcta adaptación en cualquier tipo de clima. Existen varios tipos en los que se destacan el tipo horizontal, tipo Taiwán y CIPAV. (Díaz Salazar & Torres Cortes, 2019)

#### **d. Biodigestores Tubular**

Consiste en una bolsa llena de materia orgánica, fácil de transportar y económica; el gas se almacena en la parte de arriba, esto hace que la bolsa se infle lentamente. Lo primero que se hace es la zanja para posteriormente fijar el digestor con los tubos de suministro y descargue. Están fabricados en plástico y suelen ser cilíndricos y de forma alargada, cuando están medio cerrados se puede ver la cúpula de biogás que se ha formado (el plástico es polietileno de invernadero) (Arrieta-Palacios, 2016). Estos biodigestores operan a temperaturas cercanas al nivel del suelo y pueden diseñarse para aprovechar la radiación solar para calentar los sistemas, requiriendo un aislamiento adicional en las paredes y superficies del suelo de la zanja para no perder el calor acumulado. Está fabricado en polietileno, pero actualmente la más recomendada es la geomembrana de PVC debido a su mayor vida útil en comparación con el polietileno, y en caso de daño durante la instalación, las geomembranas permiten la reparación de parches. (Díaz Salazar & Torres Cortes, 2019)

#### **1.5.3 Respiración anaerobia**

Para esto el ministerio de energía de Chile (2015) nos presenta la siguiente definición “La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos. Gracias a este proceso es posible aprovechar los residuos orgánicos para convertirlos en energía.

## **2. ESTUDIO DE MERCADO**

Por medio del presente capítulo se busca recolectar información relevante sobre el posible consumidor final, sus comportamientos, gustos y preferencias, por medio de una segmentación de mercado, una investigación de mercado, análisis de oferta y demanda; y a su vez realizar un análisis de la competencia.

### **2.1 Barreras de entrada**

Para el desarrollo del proyecto es fundamental conocer los obstáculos que se pueden presentar en su incursión y desarrollo, pueden ser clasificadas como una medida de competitividad del mercado, dichas barreras no se traducen únicamente a impedimentos, pueden ser también oportunidades de entrada o factores que faciliten su implementación.

#### ***2.1.1 Barreras políticas.***

Se deben tener en cuenta las normativas dictadas por el gobierno local y las entidades competentes que se encuentren vigentes y relacionadas directa o indirectamente con la implementación del proyecto. A la fecha el gobierno nacional, gobernaciones departamentales y asociaciones relacionadas con el sector agropecuario incentivan los proyectos que aporten al cuidado del medio ambiente, entre estos está la destinación provechosa de residuos orgánicos sólidos.

Dado lo anterior, para el caso en análisis dentro del aspecto político se debe tener en cuenta a nivel municipal el ACUERDO No. DE 29 DE 2001 por medio del cual se adopta el “Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Fusagasugá”, mediante el cual se destina el manejo del territorio del municipio para tener claridad sobre las actividades que se pueden desarrollar, otro acuerdo relevante para el caso es el No. 100-02.01 - 11 DE 2016 POR MEDIO DEL CUAL SE ADOPTA EL PLAN DE DESARROLLO ECONÓMICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE OBRAS PÚBLICAS. Puesto que para el desarrollo de la actividad intrínseca del proyecto se requiere evaluar los aspectos que aquí se mencionan, en cuanto a lo económico y ambiental.

En vigencia actualmente también se encuentran diferentes leyes y normativas como la Política Nacional de Cambio Climático, consignada en el Decreto No. 269-15, la cual tiene como objetivo gestionar la variabilidad climática atribuida, directa o indirectamente, a la actividad humana y a los efectos que genera sobre la población y el territorio nacional conforme a lo establecido en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, Plan de Gestión Ambiental Regional 2012 – 2023 de la CAR y así como estas, varios proyectos de ley, políticas y acuerdos a los cuales se debe acoplar el desarrollo del plan en cuestión.

### ***2.1.2 Barreras económicas.***

En el aspecto económico, para una incursión adecuada del proyecto se requiere de inversión inicial tanto para su planificación y divulgación, como para la fase de prueba y posterior implementación. El desarrollo del diseño de un biodigestor tubular de bajo costo está enfocado hacia la vereda Piamonte, ubicada en el municipio de Fusagasugá, en el departamento de Cundinamarca, colombiana pues dicha población no requiere de gran capital para la implementación del proyecto, este también puede ser de interés para agremiaciones relacionadas con el sector por su relación costo-beneficio.

### ***2.1.3 Barreras sociales.***

La cultura de los agricultores de bajos recursos, sus prácticas y tradiciones pueden ser un obstáculo en el desarrollo y acogida del proyecto, pues pueden no estar dispuestos a adoptar nuevas tecnologías para implementar en sus actividades cotidianas, aun siendo beneficiosas.

### ***2.1.4 Barreras tecnológicas***

Al ser un prototipo de bajo costo, el diseño planteado no requiere una intervención tecnológica significativa, sin embargo, para su instalación se debe contar con personal capacitado para su instalación y puesta en marcha, así como la guía para su uso.

### **2.1.5 Barreras ambientales**

El sector pecuario está creciendo rápidamente a nivel global en comparación con otros sectores agrícolas, la ganadería produce más gases de efecto invernadero que la industria de transporte. También es una de las principales causas de la degradación de la tierra y el agua. La producción de gas metano, uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI) por lo que es el principio de funcionamiento del equipo en estudio, generado a partir de estiércol de bovinos, porcinos, aves de criadero, equinos y ovinos. Además de suplir necesidades de comunidades alejadas de los cascos rurales con difícil acceso a servicios públicos se busca también disminuir el impacto ambiental que generan prácticas como la ganadería y porcicultura, entre otras relacionadas, es por esto por lo que las barreras ambientales en la implementación de este proyecto se transforman en un incentivo para su realización, pues, mediante su uso el impacto ambiental reflejado es de carácter positivo.

### **2.1.6 Barreras legales**

Mediante el “Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos” del año 2006 el Ministerio de Agricultura y desarrollo rural de Colombia en el artículo 25. dicta las practicas relacionadas con el manejo del estiércol en las actividades agropecuarias.

Se contempla mediante el DECRETO 2981 DE 2013, en el artículo 82 el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio expone la propuesta de racionalizar el uso y consumo de materias primas provenientes de recursos naturales. Además, restaura los valores económicos y energéticos ya utilizados en diversos procesos productivos, aumentando la vida útil de los rellenos sanitarios al reducir la cantidad de residuos desechados adecuadamente. Reducir caudal y portar contaminantes de lixiviados en rellenos sanitarios, especialmente durante la recuperación de residuos orgánicos. De este modo, se fomenta el uso energético de los residuos de alto contenido orgánico, y la reducción de la cantidad que se dispone en rellenos sanitarios.

El DECRETO 1071 DE 2015 dictado por el Ministerio de Agricultura y desarrollo rural de título Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo

Rural hace referencia a las reglas generales mediante las cuales se debe regir todo aquel que desarrolle sus actividades en los sectores que allí se abarcan.

Ley 9 de 1979 código sanitario nacional reglamenta las actividades y competencia de salud pública para asegurar el bienestar de la población y protección del medio ambiente.

Ley no. 19312 de 2018 por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático.

Ley 1715 de 2014 que tiene por objeto promover el desarrollo y uso de notas de energía autónomas, especialmente las de carácter renovable, en el sistema energético nacional, a través de la integración al mercado eléctrico y su participación en regiones no alineadas. y otros usos de la energía como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y asegurando el suministro de energía.

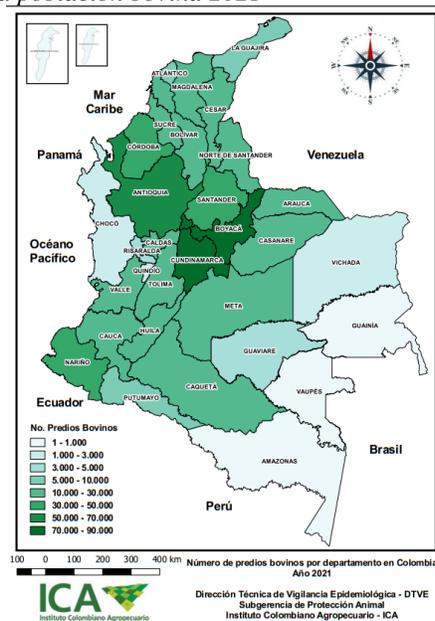
## **2.2 Segmentación del mercado**

### ***2.2.1 Segmentación geográfica***

Para la elaboración del proyecto se tienen en cuenta los departamentos con mayor densidad poblacional bovina dado que es la actividad que mayor impacto ambiental genera, pues los demás criterios de selección corresponden a las actividades agropecuarias, dichos predios cuentan también con actividades ovinas, porcinas y de aves de criadero como lo muestra el ANEXO 1. Además, de esto se consideran también facilidades de transporte para los materiales, cercanías a las instalaciones principales y condiciones climáticas adecuadas, por lo ya mencionado, el departamento idóneo para el desarrollo del proyecto es Cundinamarca.

Tabla 3.

Mapa población bovina 2021



**Nota.** Mapa distribución bovinos Censo Bovino 2021, Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/>

### 2.2.2 Segmentación demográfica

De acuerdo con la segmentación geográfica, se establece el desarrollo del proyecto en el municipio de Fusagasugá en la vereda Piamonte, se estima que aquí se encuentra un 2.1% del total del total de predios del municipio de acuerdo con el censo pecuario del ICA, además, por sus características en cuando al desarrollo de las actividades, fácil acceso e impacto social.

Tabla 4.

Población bovina en el municipio de Fusagasugá

MUNICIPIO	TOTAL BOVINOS - 2019	TOTAL FINCAS CON BOVINOS - 2019
FUSAGASUGÁ	15.814	1.134
Vereda Piamonte	-	24

**Nota.** La tabla muestra los datos del Censo Poblacional pecuario para el total de fincas con bovinos en el municipio de Fusagasugá, realizado por el ICA 2018, 2019, 2020 y 2021. Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/>

### ***2.2.3 Segmentación psicosocial***

Considerando el hecho de que el producto final del proyecto ha aumentado el valor de las reducciones del impacto ambiental creadas por grandes actividades agrícolas, además de la generación de otros beneficios internos, como la producción limpia y económicamente accesible de energía y la producción de fertilizantes como residuos provechosos del proyecto. En cuanto al crédito para el acceso al proyecto, se deben tener conocimientos de lo que se menciona aquí, además de comprender las consecuencias de las ventajas del uso, y su importancia.

Otro aspecto es la base económica, debido a que, los consumidores deben finalmente obtener productos que brinden solución a sus necesidades, así como crear otros beneficios. La capacidad de comprar o poder adquisitivo crea una búsqueda de productos útiles y beneficiosos de los cuales el impacto sea positivo, porque, un mal manejo de éste podría generar perjuicios y hasta infracciones. Esta es la razón por la cual el proyecto se centra en las organizaciones gubernamentales, los honorarios agrícolas o los participantes de las actividades agrícolas con la capacidad económica de la adquisición del proyecto.

### ***2.2.4 Segmentación conductual***

El uso que tiene este producto por parte de la población es cercano a 8 años en promedio, equivalente a su vida útil. El mantenimiento de este tiene una periodicidad menor, se debe realizar una revisión semestral e implementar un plan de mantenimiento anual. El proyecto brinda al consumidos una alternativa amigable con el ambiente de aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en los predios para la generación de gas, energía y fertilizante.

## **2.3 Investigación de mercados**

Se realiza un estudio de mercados iniciando con el número de muestra denominado “N” para determinar la cantidad de encuestas a realizar en la vereda Piamonte, Fusagasugá de acuerdo con la segmentación ya realizada.

### 2.3.1 Muestreo

Se encontraron en la vereda Piamonte del municipio de Fusagasugá 24 predios que cuentan con bovinos de criadero según el ICA, además de desarrollar otro tipo de actividades agropecuarias.

2.3.1.a Tamaño de la muestra. Con la siguiente ecuación se puede determinar el número de muestras (n).

$$n = \frac{K^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + K^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:  
K= coeficiente de confianza  
N= población  
p= probabilidad a favor  
q= probabilidad en contra  
e= error de estimación  
n= tamaño de la muestra

Tomando los valores “N” como 24 predios que cumplen con las características estipuladas para la implementación del proyecto, “K” igual a 1,96, “P” y “Q” son factores de ocurrencia y no ocurrencia del evento estadístico por lo tanto se define en 50% para ambos y el error absoluto definido en 5%:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 24}{(0,05^2 * (24 - 1)) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$
$$n = 22,6442676$$

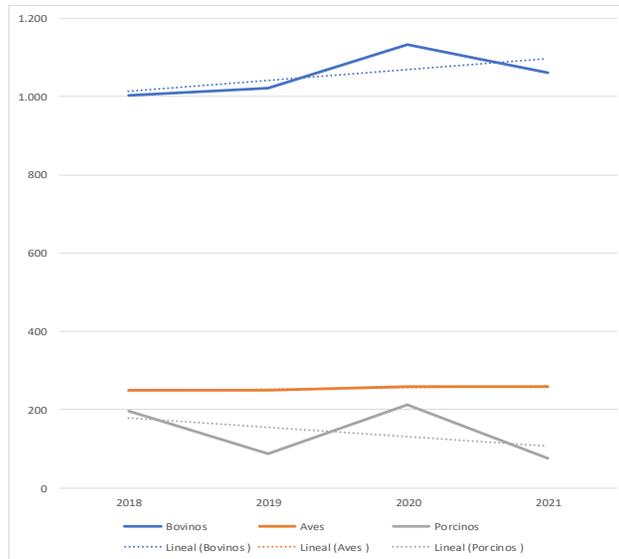
2.3.1.b Análisis de la muestra. Se realizará el estudio a cada una de las preguntas de la encuesta que se encuentra en el ANEXO 2, de esta manera cuando se ejecute, se encuentran índices de los gustos de los consumidores, y la tendencia que tendrá a futuro.

### 2.3.2 Análisis de la demanda

Este análisis tiene como objetivo estimar las proyecciones de la demanda, haciendo uso de estudios realizados por el Instituto Colombiano Agropecuario desde el año 2018, la segmentación y la investigación de mercados realizadas anteriormente.

### 2.3.3 Demanda potencial

Figura 2.  
Demanda Potencial del mercado



**Nota.** La gráfica muestra el crecimiento de la población de bovinos, aves y porcinos, según los datos del Censo Poblacional pecuario realizado por el ICA 2018, 2019, 2020 y 2021. Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/>

A partir de la segmentación de mercados realizada, en la cual se han definido las características de la población perteneciente al mercado objetivo, se tomó el Censo Poblacional Pecuario realizado por el Instituto Colombiano Agropecuario, en donde se determinó que el incremento para los bovinos, mientras que para otras especies de criadero el comportamiento es diferente, aun así, aumentan la posible demanda del municipio e intrínsecamente en la vereda, sin embargo se trabaja en base a la población bovina por ser a nivel general la actividad de mayor impacto ambiental. Para esto se ha determinado calcular la demanda potencial del presente año el cual fue hallado en la segmentación, y se pronostica para los siguientes cuatro años a partir de los porcentajes mencionados anteriormente, como se muestra en la *Tabla 5*.

Tabla 5.

*Proyección de la demanda potencial 2018 - 2024.*

Año	Demanda pronosticada
2018	1.004

Tabla 6. (Continuación)

Año	Demanda pronosticada
2019	1.022
2020	1.134
2021	1.061
2022	1.126
2023	1.154
2024	1182,6

**Nota.** La tabla representa el crecimiento de la demanda con base en los datos del Censo Poblacional pecuario realizado por el ICA 2018, 2019, 2020 y 2021. Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/>

#### 2.3.4 Demanda real

A partir de los datos analizados en los diferentes estudios y análisis tomados de proyectos aplicados y tomados de referencia y aterrizando los valores al caso en estudio se determina que el incremento en la demanda general se proyecta bajo el siguiente panorama.

Tabla 7.

*Proyección de la demanda real 2018 - 2024*

Año	Demanda Real
2018	21
2019	21
2020	24
2021	22
2022	24
2023	24
2024	25

**Nota.** La tabla representa el crecimiento de la demanda con base en los datos del Censo Poblacional pecuario realizado por el ICA 2018, 2019, 2020 y 2021. Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/>

## 2.4 Análisis de la oferta

Para el pronóstico de la oferta es necesario tomar los datos de la demanda ya pronosticada debido a que es un producto de consumo no recurrente, pero se presenta una demanda insatisfecha en aumento. Se realizará el análisis a partir de la demanda real de la empresa que corresponde a un 1.2% de la totalidad de la población considerada en la demanda potencial.

Tabla 8.

*Oferta de la empresa por tipo de productos 2018-2021*

Año	Oferta
2018	12
2019	12
2020	14
2021	13
2022	14
2023	14
2024	14

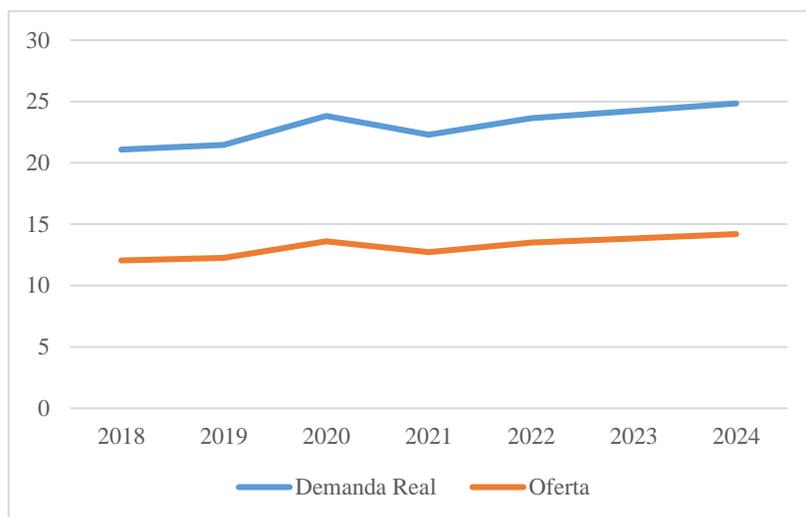
**Nota.** La tabla representa el crecimiento de la demanda con base en los datos del Censo Poblacional pecuario realizado por el ICA 2018, 2019, 2020 y 2021. Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/>

### 2.4.1 Análisis relación oferta-demanda

Mediante el gráfico que relaciona la tendencia de la oferta y de la demanda en un lapso de 6 años a partir de los últimos datos obtenidos se puede evidenciar una alta demanda insatisfecha, así como una baja oferta por medio del desarrollo del proyecto, esto se traduce a un gran campo de acción del proyecto planteado en el cual la empresa mediante diversas estrategias puede penetrar y hasta lograr liderazgo en el mercado.

Figura 3.

*Relación oferta-demanda del mercado*



**Nota.** Comparación de la oferta y la demanda con base en los datos del Censo Poblacional pecuario realizado por el ICA 2018, 2019, 2020 y 2021. Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/>

## 2.5 Precio

La variable precio siendo nuevos en el mercado se establece tomando como referencia los precios de la competencia de proyectos ya puestos en marcha, el valor agregado del proyecto y a partir de este punto evaluar el comportamiento de la empresa en el mercado y el nivel de aceptación por parte del consumidor para dirigir los cambios y movimientos de los costos a lo largo del ciclo de vida del producto, con lo cual, se pretende mantener la estrategia propuesta de posicionamiento de la marca y sus proyectos.

Para establecer los montos de venta de los biodigestores, sus revisiones y planes de mantenimiento es necesario tener en cuenta los costos de la materia prima, transporte, instalación y conocimiento especializado ya que al ser productos de procesamiento de gases volátiles y desechos requieren herramientas y personal capacitado para su manipulación, también se deben evaluar los valores de producción ya sean fijos o variables, publicidad, margen de utilidad, entre otros.

## **2.6 Plaza**

La distribución y comercialización de los biodigestores de Arquitech S.A. se hará mediante un canal de distribución directo, es decir, los biodigestores son entregados o comercializados directamente con el consumidor final sin necesidad de intermediarios y son transportados e instalados según el acuerdo realizado con el cliente.

Se contará con un punto en el cual se desarrollarán las actividades de administración, investigación, ventas y almacenamiento donde se llevarán a cabo las actividades propias de cada departamento. Se contará también con automóviles que cumplan las especificaciones de transporte los materiales, herramientas y personal requeridos para el proceso de instalación y demás servicios de los biodigestores, dentro de los servicios ofrecidos también se encontraran planes de mantenimiento rutinarios especificados e inspecciones programadas para mejorar el desempeño de los equipos y asegurar una vida útil óptima.

Con esta estrategia se logrará definir mercados objetivos, estableciendo una localización estratégica que cumplan con las características de la segmentación y los muestreos, además teniendo en cuenta la evolución y comportamiento del proyecto en el mercado, se deja abierta la posibilidad de expandir el alcance del proyecto a nivel nacional.

## **2.7 Promoción**

En primer lugar, se establece una estrategia de branding con un plan estructurado a largo plazo para posicionar la empresa y generar impacto mediante la elección de un nombre, diseño del logotipo, colores y en general, la imagen de la empresa para transmitir la responsabilidad, compromiso y demás pilares de la empresa.

En segundo lugar, se dispone de una estrategia de relaciones públicas, donde se buscan alianzas estratégicas con entes gubernamentales y corporativos interesados en la implementación del proyecto, así mismo, con el apoyo de estos generar un mayor impacto y poder relacionarlos en medios publicitarios como comerciales radiales y de canales nacionales, pues el público objetivo hace un mayor uso de estos.

Por último, se implementa una estrategia btl que consiste en la utilización de medios no convencionales para la promoción de la marca, aquí se dará uso a imágenes llamativas en ubicaciones y establecimientos cercanos y recurrentes para la población objetivo como lo son ciudades capitales, distribuidores de suplementos e insumos agrícolas, entre otros.

## 2.8 Costos y gastos estudio de mercado

En la *Tabla 9*, Se muestra el resumen de costos y gastos que son necesarios para la realización del estudio de mercados.

Tabla 9.

*Costos y gastos estudio de mercados*

Costos y Gastos	Valor (COP)
Investigaciones previas	3.500.000
Estrategia PR (relaciones públicas)	5.000.000
Branding	1.500.000
Sello	70.000
Estrategias BTL	3.000.000
TOTAL	13.070.000

**Nota.** Tabla de costos y gastos con base cotizaciones de estrategias de marketing. Tomado de: <https://www.indexcol.com>

### 3. ESTUDIO TÉCNICO

#### 3.1 Selección del modelo

Se evaluaron cuatro tipos de equipos de bioensayo por medio de una tabla de comparación, analizando de manera conjunta cinco características desde la puesta en marcha, hasta el mantenimiento futuro de cada reactor.

Tabla 10.

*Comparación de tipos de biodigestores*

MATRIZ COMPARATIVA				
CARACTERÍSTICA	BIODIGESTOR BATCH	CALIFICACIÓN	BIODIGESTOR CONTINUO	CALIFICACIÓN
SUMINISTRO DE GAS Y BIOABONO	Alimentación discontinua	2	Alimentación continua	5
VIDA ÚTIL	12-20 años	5	8-12 años	4
MATERIAL ORGÁNICO RECOMENDADO	Residuos de madera, vegetales y estiércol	2	Estiércol animal y residuos vegetales	3
MANTENIMIENTO	Costoso	2	Costoso	2
REQUIERE EXCAVAR FOSA	Si	2	Si	2
REQUIERE EXTRACTA SUPERVISIÓN	No	5	Si	1
COSTO DE FABRICACIÓN	Cemento, tuberías, acoples, ladrillos, arena	2	Cemento, tuberías, acoples, ladrillos, arena, válvulas	2
RESULTADOS		2,86	RESULTADOS	2,71
CARACTERÍSTICA	BIODIGESTOR BAJO COSTO	CALIFICACIÓN	BIODIGESTOR TUBULAR	CALIFICACIÓN
SUMINISTRO DE GAS Y BIOABONO	Alimentación continua	5	Alimentación continua	5
VIDA ÚTIL	3-5 años	3	3-7 años	4
MATERIAL ORGÁNICO RECOMENDADO	Estiércol animal	5	Estiércol animal	5
MANTENIMIENTO	Economico	5	Economico	5
REQUIERE EXCAVAR FOSA	No	5	No	5
REQUIERE EXTRACTA SUPERVISIÓN	Moderana	4	Moderada	4
COSTO DE FABRICACIÓN	Plástico, PVC, acoples,	5	Plástico o geomembrana, PVC, acoples,	5
RESULTADOS		4,57	RESULTADOS	4,71

**Nota.** Comparación de los tipos de biodigestores con base en el estudio realizado por (Martí Herrero, 2019). Tomado de: Martí Herrero, J. E. (2019). Biodigestores Tubulares: Guía de diseño y Manual de instalación. Ecuador: Redbiolac.

La evaluación se lleva a cabo asignando una nota para cada aspecto a medir, por medio de un rango de 2 a 5 donde cada nota se estima de la siguiente manera:

- 2 → Insatisfactorio
- 3 → Poco Satisfactorio.
- 4 → Medianamente Satisfactorio.
- 5 → Satisfactorio.

### **3.1.1 *Análisis de resultados***

Es correcto afirmar que los cuatro biodigestores mencionados anteriormente van a cumplir con el objetivo principal del equipo, la obtención adecuada de biogás y biofertilizante. Cada biodigestor tiene sus ventajas y desventajas, reflejadas en la matriz de comparación. Los biodigestores continuos y discontinuos son elaborados para procesos donde sean un poco más demandantes (complejos) o proyectos con un requerimiento especial o demanda grande.

Por otra parte, para las condiciones en el terreno de uso, el presupuesto y la dimensión del proyecto el biodigestor de bajo costo es una buena opción, ya que, es un equipo no tan elaborado, pero a su vez puede cumplir con la función básica. El biodigestor tubular cumple con todas las características con mejores resultados cuantitativos en comparación con el biodigestor continuo, discontinuo y de bajo costo, por lo que, se optó por escoger dicho biodigestor.

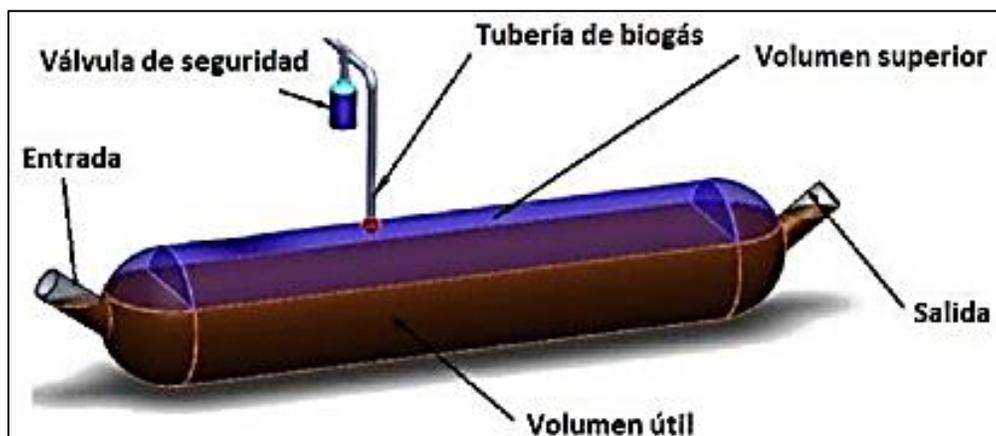
### **3.2 Característica del producto**

Este proyecto ofrece al gremio pecuario y agrícola de la vereda Piamonte (Fusagasugá), con una alternativa de generación de energía por medio de los residuos orgánicos que se generan en el desarrollo de sus actividades, se caracteriza por ser novedosa y amigable con el medio ambiente, por lo que no requiere intervención tecnológica significativa, también cuenta con un plan de mantenimiento propio y revisiones especializadas.

El biodigestor tubular presente en el desarrollo del estudio, está construido de plástico y deja visible la cúpula de biogás que se forma. El plástico usado para el biodigestor es geomembrana (barrera sintética donde no deja paso de sustancias o materiales no aprovechables), con durabilidades de 10 a 15 años. Con el fin de fermentar la excreta a partir de bacterias anaeróbicas que componen 80% de la materia orgánica.

Figura 4.

*Diagrama esquemático de un biodigestor tubular de geomembrana.*



**Nota.:** Extraída del estudio realizado por (Ferrer, Gamiz, Almeida, & Ruiz, 2009). Tomado de: Ferrer, I., Gamiz, M., Almeida, M., & Ruiz, A. (2009). Pilot project of biogas production from pig manure and urine mixture at ambient temperature in Ventanilla. Waste Management: Lima, Peru.

En la *Figura 4*, se presenta un esquema de biodigestor propuesto para aplicaciones en zonas rurales agropecuarias. A diferencia de los modelos de biodigestores tubulares, el prototipo propuesto tiene una etapa de filtrado antes de ingresar al digestor, lo que permitiría incrementar su vida útil.

### **3.2.1 Variables**

Los requerimientos mínimos dentro de la bolsa de geomembrana, para la obtención de metano son las siguientes:

#### **a. La temperatura**

La temperatura es primordial en el proceso, debido a que los microorganismos se encuentren activos y trabajando. Se debe simular las condiciones óptimas para minimizar los tiempos de retención del sustrato, es así como la temperatura ideal para la Biodigestión es de 30°C a 35°C aproximadamente. A continuación, se muestra una tabla con la relación de temperatura y tiempo de retención en días para el biodigestor.

Tabla 11.

*Temperatura para la producción de biogás*

Temperatura (T°)	Tiempo de Retención (días)
35°	17
30°	20
25°	25
18°	35
15°	55

**Nota.** Extraída del estudio realizado por (Roger Israel & Kevin Alexi, 2015). Tomado de: Roger Israel, A. B., & Kevin Alexi, M. A. (2015). Biodigestor: Una Alternativa de Innovación Socio – Económica. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias Económicas.

### **b. pH**

Se debe tener un pH neutro (entre 6.5 y 7.5). Dentro del consorcio bacteriano, las bacterias que realizan la etapa de acidogénesis y acetogénesis trabajan mejor en pH 5.5 y 6.5, mientras que las metanogénicas lo hacen en un rango de 7.8 a 8.2 (Martí Herrero, 2019).

- El estiércol de cerdo es más ácido, en torno a 6.5.
- El estiércol de vaca más neutro, en torno a 7.

### **c. Otras**

- Se necesita un espacio hermético facilita el trabajo de los microorganismos en un ambiente anaerobio y óptimo.
- Se requiere un nivel de humedad alto.
- Se debe hacer un constante mezclado de la biomasa antes de que entre al biodigestor, esto para que no tenga tamaños grandes de excreta que dificulten la degradación.
- Se desea evitar la entrada de ramas, piedras o cualquier objeto sólido que pueda obstruir el flujo de excremento y dañar la geomembrana.

### **3.2.2 Entradas**

Los biodigestores tubulares planteados funcionan con excreta animal y son adecuados para ser fermentados anaeróbicamente. El biodigestor tiene que estar en funcionamiento diario para

producir biogás y bioabono. En la *Tabla 12*, se tiene un resumen de los valores promedio de producción de excreta del tipo de especie animal.

La relación agua/estiércol que se adiciona al biodigestor, considerando que el estiércol tiene un promedio de 20% de materia seca, debe ser de cuatro partes de agua.

Tabla 12.

*Valores promedio de producción de estiércol/día por animal*

Tipo de Animal	Descripción	Número min animales	Paso	m <sup>3</sup> estiércol/día	Producción de gas (m <sup>3</sup> /día)		
					Máx.	Min	Promedio
Bovinos	Vacunos de engorda	150	40	0,05	0,56	1,5	1,03
	Toro de reproducción	2	10	0,023	0,392	1,05	0,721
	Vacunos jóvenes	150	40	0,025	0,336	0,9	0,618
	Terneros de crianza	150	40	0,008	0,112	0,3	0,206
	Terneros de engorda	150	40	0,004	0,168	0,45	0,309
Porcinos	Porcino de engorda	1500	400	0,0045	0,072	0,15	0,111
	Porcinos jóvenes	1500	400	0,002	0,006	0,013	0,00925
Ovinos	Ovejas < 1 año	1500	40	0,003			
	Ovejas > 1 año	1500	40	0,006			
Equinos	Caballos < 3 años	20	50	0,023			
	Caballos > 3 años	20	50	0,033			
Aves de criadero	Pollo o Gallina	500000	60000	0,0001	0,0081	0,009	0,008625

**Nota.** La tabla describe con base en el tipo de animal y sus rangos de números, se ven las columnas de volumen de estiércol diario, el cual se tomó del estudio de (Medel, 2010). Tomado de: Medel, J. A. (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

### 3.2.3 *Procesos de digestión para el Biodigestor Tubular*

El proceso de producción de metano a partir de biomasa es bastante sencillo de lograr, debido a que, la biomasa se mezcla con una cantidad adecuada de agua en un recipiente sellado, y después del tiempo requerido, se produce biogás. En el ANEXO 3, se muestra un modelo del producto terminado.

Según Dagoberto Elizondo (2005), un biodigestor común está conformado por cinco partes que son:

3.2.3.a Pozo de Entrada. Es un pozo donde se deposita y se mezclan los materiales que alimentan el tanque digestor, acumulando la mezcla de excreta/agua, de esta forma los microorganismos aerobios actúan primero tratando de alimentarse de este sustrato, por lo que, debe estar a mayor altura que el nivel de carga del digestor para que se pueda tener un correcto funcionamiento.

3.2.3.b El Digestor. Dentro del biodigestor los desechos son descompuestos. Por un extremo se conecta el tubo de carga y por el otro lado está la descarga. Luego de esta etapa inicial, cuando se agota el oxígeno existente, aparecen las condiciones adecuadas para que microorganismos anaerobios puedan desarrollarse y así ir consumiendo la materia orgánica disponible (Moncayo Romero, 2013).

Durante el proceso de descomposición anaeróbica intervienen cinco grandes tipos o poblaciones de microorganismos, los cuales permiten identificarlo como un proceso de múltiples etapas:

- Etapa hidrolítica (hidrólisis)
- Etapa fermentativa o acidogénica
- Etapa acetogénica
- Etapa metanogénica

En la etapa hidrolítica, las moléculas orgánicas complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) por medio de enzimas extracelulares producidas por los microorganismos acidogénicos o fermentativos, dando lugar a compuestos solubles más sencillos como: aminoácidos, ácidos grasos de cadena larga y azúcares (moléculas de glucosa).

En la etapa fermentativa o acidogénica, dichos compuestos solubles son degradados o metabolizados por bacterias acidogénicas produciéndose, principalmente, ácidos grasos volátiles (o de cadena corta), alcoholes, hidrógeno, dióxido de carbono y otros productos intermedios (subproductos como sulfuro de hidrógeno y amoníaco).

En la etapa acetogénica, los ácidos grasos volátiles son transformados en ácido acético, hidrógeno, dióxido de carbono y amoníaco, mediante la acción de microorganismos acetogénicos. Ambas etapas se pueden considerar como una fase general de acidificación.

Finalmente, en la etapa metanogénica, los microorganismos producen metano a partir del ácido acético, H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. (Gobierno de Chile, Ministerio de Energía, 2011)

3.2.3.c Pozo de salida. Se utiliza para eliminar los residuos del tanque digeridos, por lo que, el tanque está colocado a menor nivel que el biodigestor.

3.2.3.d Tubería, Válvula y Llave de Paso. Se conecta una tubería de PVC de 3/4", en la parte superior de la cubierta plástica que conduce el gas al lugar donde será aprovechado; Además, se conecta una válvula de seguridad simple para evitar la sobrepresión dentro de la carcasa de plástico y evitar la eliminación del condensado en la tubería. También es importante una llave que permita el paso del gas cuando se necesita y poder así sacar el máximo provecho.

Para el desplazamiento de la Biomasa del pozo de entrada, al pozo de salida, pasando por el biodigestor, será necesaria una Tubería de PVC de 4".

3.2.3.e Almacén. En este lugar es donde se almacena el biogás cuando no se usa en la cocina. Está construido de plástico simple, pero también puede ser de geomembrana. Su posición puede ser horizontal o vertical, dependiendo del espacio y el lugar donde se instalará, evitando que elementos extraños la dañen. Las dimensiones recomendadas son de 3 m de largo por 1.5 m de diámetro, permitiendo así almacenar 5m<sup>3</sup> de biogás aproximadamente.

3.2.3.f Filtro para H<sub>2</sub>S (ácido sulfhídrico). Se trata de una estructura tubular de tubería de PVC, la cual contiene en su interior una viruta de hierro a modo de filtro, donde será instalado en la tubería por donde pasa el biogás. Su función es purificar el biogás, que ayuda a retener el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) antes de que llegue al quemador, para no causar problemas en el sistema (corrosión), malos olores, incomodando así a la(s) persona(s) encarga(s) de la cocina.

3.2.3.g Válvula reguladora de presión. Las VS controlan la presión de operación en el biodigestor y evitan que las membranas de cubierta se inflen demasiado y se lleguen a reventar.

3.2.3.h Gasómetro. El gasómetro consta de un tanque inferior lleno de agua que sirve como sello hidráulico para retener el biogás evitando así fugas y como válvula de seguridad contra altas presiones; también consta de un tanque superior invertido que sirve como acumulador de gas, el cual flota sobre el líquido y se eleva a medida que ingresa gas en él (importante mantener nivel de agua constante). Desde allí, el biogás se conduce hacia el consumo atravesando la trampa de agua (colecta el vapor de agua contenida en el biogás donde al condensarse generaría obstrucciones) y un filtro de Sulfuro de Hidrógeno, para purificar el biogás y aumentar la vida útil de los quemadores. (Gobierno de Santa Fe, 2019)

3.2.3.i Salidas. Como resultado de este proceso para la materia orgánica, se obtienen productos nutricionales concentrados que se pueden utilizar de inmediato, ya que el proceso anaeróbico elimina los olores y los vectores de crecimiento excesivo.

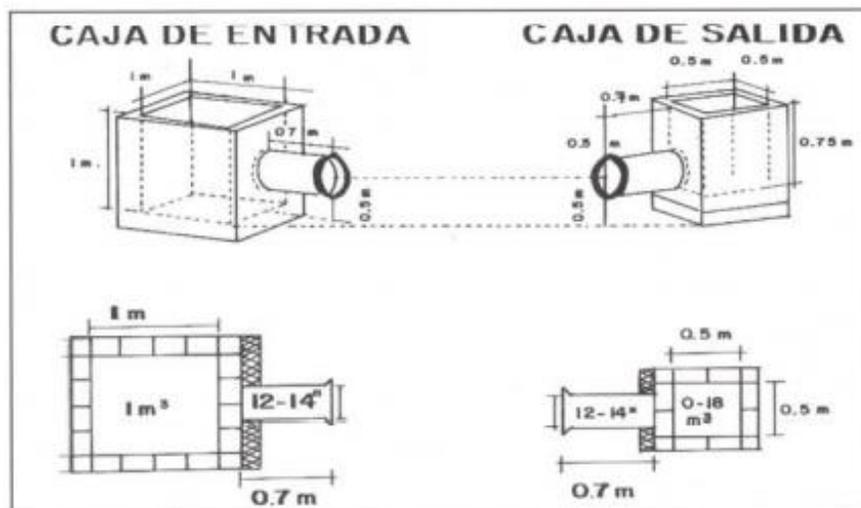
#### **3.2.4 Caja para filtro de entrada y salida**

A la entrada del reactor (biodigestor) y en su salida se conectan dos cajas, en la primera entra el material al biodigestor que viene de las fosas sin procesar y evita la entrada de elementos pesados al biodigestor, y por la segunda sale el material procesado, que será el bioabono.

Para la construcción de los biodigestores se desarrolla un proceso de operaciones, que cumplirán con garantizar la calidad del producto. Según Roger Israel Andino (2015), para la construcción de estas cajas se deben tener en cuenta las siguientes dimensiones:

Figura 5.

Esquema de las cajas de entrada y salida filtrantes



**Nota.** Esquema que muestra las medidas promedio de las cajas de entrada y salida encargadas del proceso de filtración en el biodigestor, con base en estudio de (Herrera, Carmen, Sobalvarro, & Adolfo, 2005). Tomado de: Beteta Herrera, T. d., & González Sobalvarro, J. A. (2005). Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos. Universidad Nacional Agraria: Managua, Nicaragua.

### 3.2.5 Plástico o Geomembrana

Según la guía de diseño y manual de instalación, escrito por Jaime Martí Herrera (2019), se evaluaron materiales sintéticos flexibles para los biodigestores con el fin de analizar variables relacionadas con la ventajas y desventajas de compra ANEXO 4, se muestra la presentación física de los materiales).

La única diferencia notable entre los dos materiales es el costo, como se muestra en la *Tabla 13*, pues el m<sup>2</sup> de plástico cuesta, en Colombia, COL\$2,000-\$1000 y COL\$ 43,750-29 en membrana. Sin embargo, se puede deducir que la geomembrana, aunque es de mayor costo, también puede presentar una mayor durabilidad.

Tabla 13.

Análisis comparativo de Plástico y Geomembrana

Material	Ventajas	Desventajas	Vida Útil	Precio (m2)
Plástico de invernadero (Polietileno)	Es el material más fácil de conseguir en ferreterías	Como este plástico viene en grosores pequeños (normalmente entre 200 y 300 micrones) se debe usar doble capa para construir el tanque del biodigestor	Expuesto a luz solar: 2-3 años	\$ 2.850
	En casos donde el plástico está en sombra o bajo una cubierta (sea translúcida u opaca) el plástico puede durar fácilmente hasta 10 años (siempre dependiendo del cuidado).	En caso de estar expuestos a soles muy fuertes, a pesar de tener filtro ultravioleta (hasta un 4% de aditivo), el plástico comenzará a cristalizarse en 2 o 3 años	En sombra o bajo cubierta: 10 años	
Plástico reciclado (Polietileno de baja densidad)	Menor costo	La coloración no es uniforme y se notan grumos en el plástico	Expuesto a luz solar: 2 años	\$ 1.000
		Si estos plásticos están directamente expuestos al sol, igualmente se irán cristalizando		
Geomembrana de PVC	Vienen con un color plomo y se pueden pedir en diferentes colores	Es necesario termosellar estas láminas hasta formar una manga. Este proceso se debe hacer por personal cualificado y con maquinaria específica.	Expuesto a luz solar: 5-10 años	Negro
	Tienen grosores entre 750 micrones a 1500 micrones, siendo una medida típica un grosor de 1 mm	Si la cúpula de biogás recibe más calor por una zona que otra, se pueden generar "hinchazones"		\$ 29
	Tiene una capacidad de expandirse, de estirarse, muy alta (elongación en torno a 300%).	experiencia previa en la soldadura de las láminas para producir biodigestores	En sombra o bajo cubierta: 20 años	Blanco
	Son prefabricados, y por su flexibilidad son fácilmente empacables y transportables	La expansión del material implica hacer cubiertas altas, lo que complica su uso para climas fríos donde se recomiendan invernaderos compactos.		\$ 43.750

Tabla 14. (Continuación)

Material	Ventajas	Desventajas	Vida Útil	Precio (m2)
Geomembrana de polietileno	Siempre son de color negro, y vienen en láminas de 7 m de ancho y con grosores de 750 a 1500 micrones, aunque una medida típica es 1 mm (1000 micrones) de grosor	Son más duras y menos flexibles que los anteriores materiales	Expuesto a luz solar: 20 años	\$ 17.500
	No requiere de protección a la radiación solar	Es necesario termosellar estas láminas hasta formar una manga. Este proceso se debe hacer por personal cualificado y con maquinaria específica.		
		Debido a que es un material poco flexible, su empaquetado y transporte es más difícil		
Geomembrana de polipropileno	Flexible, manteniendo su durabilidad. Esto permite ser prefabricado, empaquetado y transportado, y por tanto se pueden hacer biodigestores de menor volumen	Es difícil de encontrar	Expuesto a luz solar: 10-20 años	\$ 12.000

**Nota.** La tabla compara la diferencia entre plásticos y geomembrana, según la cotización realizada en empresas nacionales e información tomada del estudio de (Martí Herrero, 2019). Tomado de: Martí Herrero, J. E. (2019). Biodigestores Tubulares: Guía de diseño y Manual de instalación. Ecuador: Redbiola.

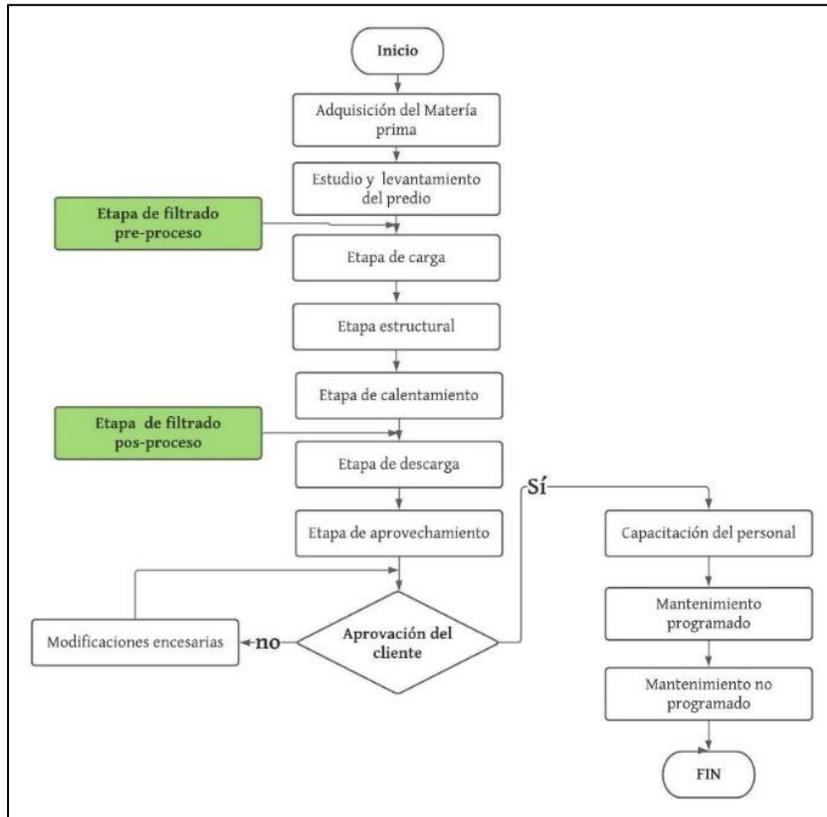
### 3.3 Aplicación del modelo

En la *Figura 6*, se muestra una breve descripción del proceso de implementación del biodigestor en fases. A diferencia de la aplicación normal de los procesos, se integran dos nuevas etapas (Etapas de filtrado) explicadas en el título 3.2.4.

El proceso de compilación consta de varios pasos secuenciales:

Figura 6.

*Nuevo proceso de operación con etapas de filtrado*



**Nota.** El diagrama de flujo describe el nuevo proceso de operación destacando las etapas de filtrado, con base en estudio de (Rincón Vélez & Murillo Nova, 2017). Tomado de: Rincón Vélez, J. A., & Murillo Nova, Z. E. (2017). Modelo de negocio para la construcción de un biodigestor que permite disponer 7500 toneladas mensuales de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de Bogotá, empleándolos en la generación de gas y abono orgánico. Bogotá D.C: Universidad Piloto de Colombia.

- **Etapa de Acondicionamiento Físico:** Excavación de fosa, construcción de canales de tubería y composición de estructuras.
- **Etapa de Carga:** tanque de carga y conexión de tubería.
- **Etapa estructural:** Instalación de la membrana, construcción del sello hidráulico, prensado mediante pernos y platinas.
- **Etapa de calentamiento:** Inflado de la geomembrana.
- **Etapa de descarga:** Construcción del Tanque de descarga de bioabono.

- **Modificaciones necesarias:** Revisión de detalles y especificaciones requeridas con respecto al funcionamiento para cumplir con la necesidad del cliente.
- **Capacitación:** Se enseña al personal sobre el manejo del biodigestor.
- **Planes de mantenimiento:** Incluye los planes de control, calidad de manejo y operación de la planta.

### **3.3.1 Resultados**

- Ahorro en consumo energético (gas, leña, electricidad y gasolina).
- Ahorro en costos de fertilizantes químicos.
- Potencial ingreso por medio de la venta de Biol.
- Incremento de los rendimientos agrícolas y mayor volumen de forraje-
- Posibilidad de producción orgánica.
- Disminución de la carga de trabajo doméstico.

#### 4. ESTUDIO DE CAPACIDADES

Con el fin de proporcionarle a los clientes de la vereda Piamonte (Fusagasugá), se busca desde el inicio del proyecto poder brindar todo tipo de información específica, clara y de fácil entendimiento sobre sus necesidades en cuanto a biodigestores según el tipo y número de animales que posee en el predio, se realizó un estudio de capacidad donde se determinó el volumen de agua necesario para el volumen de estiércol producido diariamente para diferentes rangos de los distintos tipos de animales ya mencionados anteriormente; con esto es posible conocer rápidamente las dimensiones del digestor, junto con el pronóstico de producción de biogás y energía para cada predio.

Lo anterior dio como resultado una base de datos, la cual se puede observar en el ANEXO 5, donde dependiendo del tipo de animal y sus rangos de números, se ven las columnas de volumen de estiércol diario, el cual se tomó del estudio de Medel (A., 2010), que a su vez permitió determinar el volumen diario de agua ( 1), teniendo en cuenta que según la empresa Electricidad ICE (ICE) el promedio de porcentaje de sólidos en el volumen total de estiércol es de 0.2g/m<sup>3</sup>, y la necesidad de agua en el proceso de producción de biogás es de 4 veces el contenido sólido.

$$\begin{aligned} & \text{Volumen diario de agua} = \\ & \frac{m^3 \text{ estiercol líquido}}{\text{día}} * \frac{0.2 \text{ g estiercol sólido}}{m^3 \text{ estiercol líquido}} * \frac{4 \text{ m}^3 \text{ de agua}}{\text{g estiercol sólido}} \quad (2) \end{aligned}$$

Para determinar el volumen de mezcla diario que los clientes añadirán al sistema se usó la ecuación ( 3); lo cual alimenta el cálculo del volumen del digestor, donde a su vez se tiene en cuenta el tiempo de residencia de la mezcla para producir estiércol, que es de 3 semanas, pues es la capacidad que necesita el digestor para producir efectivamente el biogás, según su alimentación diaria ( 4).

$$\text{Volumen de mezcla} = m^3 \text{ estiercol} + m^3 \text{ de agua} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \text{Volumen del digestor} = \\ & 3 \text{ semanas de reacción} * 7 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * \frac{m^3 \text{ de mezcla}}{\text{día}} \quad (4) \end{aligned}$$

En cuanto a las dimensiones del biodigestor que se encuentran en la base de datos, se tomó el ancho y profundidad constantes necesarios para que la agitación consiga la interacción de los microorganismos con el sustrato, razón por lo que la única variable es el largo necesario.

Todo lo anterior, permite hallar la producción diaria de biogás y su respectiva equivalencia en dinero, pues esto significa un punto muy importante en la comercialización y entendimiento del cliente del producto; así, que según Medel (Medel. J, 2010), se determina la cantidad de gas producido por el estiércol de cada animal ( 5), lo que luego se multiplica por la unidad energética contenida en el gas (Medel. J, 2010) y un precio promedio de  $kWh$  en Colombia ( 6).

$$\begin{aligned}
 & \text{Producción bio - gas} \left( \frac{m^3}{\text{día}} \right) = \\
 & \frac{m^3 \text{ gas}}{\text{día}} \text{prom. por tipo de animal} * \# \text{ de animales}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Costo de la energía producida} = \\
 & \text{Producción de bio - gas} * 6 \frac{kWh}{\frac{m^3}{\text{día}} \text{ bio - gas}} * 420 \frac{COP}{kWh}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

## 5. PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES

El plan de requerimientos de materiales, ayuda a la planeación logística de pedidos, es decir, donde se planea y se determina el tiempo que tardan los proveedores en entregar el material (lead time), así como la demanda proyectada, donde se determinará con los negocios cerrados por el área comercial, por lo que, en este trabajo se tomará una suposición, sin embargo, la herramienta permite modificaciones futuras sin alterar la veracidad de los resultados.

Tabla 15.

*Materiales necesarios por proyecto*

Código	Elemento padre	Componente	Unidad	Cantidad para elaborar elemento padre
1	Zanja	Plástico	Und	10
2		Lonas	Und	10
3		Sacos	Und	10
4	Tanque excreta	Ladrillo	Und	34
5		Piedrín	kg	34
6		Cemento 40kg	Sacos	4
7	Biodigestor	Manga tubular 250micrones	Und	2
8		Tubería desagüe PVC 6in	m	3
9		Boya	m	40
10		Adaptador PVC 3/4in	Und	1
11		Tubería de agua 3/4in	m	3
12		Accesorios PVC	Und	1
13		Cuerda plástica 1/4in	m	25
14		Teflón	Rollos	5
15	Válvula de alivio	Tee	Und	1
16		Tubo PVC	m	0,3
17		Recipiente plástico 2 litros	Und	1
18		Llave de paso plástica	und	1
19	Conducción del biogás	Tubería de agua 3/4in	m	20
20		Llaves de bola 3/4in	und	2
21		Tee 3/4in	und	1
22		Codo 3/4in	und	1
23		Unión universal	und	1
24	Casa de protección	Madera 2" x 4"	reglones	6
25		Madera 1" x 4"	reglones	4
26		Madera 1" x 2"	reglones	2
27		Clavos 4"	lb	2
28		Clavos 2 1/2"	lb	6
29		Clavos de Zinc	lb	2
30		Zinc	láminas	3

*Nota.* Elementos requeridos para la construcción de un biodigestor tubular de bajo costo con base en el estudio de (Medel, 2010). Tomado de: Medel, J. A. (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. Santiago de Chile: Universidad de Chile

Para desarrollar la base de datos de plan de requerimiento de materiales, inicialmente se establecieron los materiales necesarios para cada proyecto, identificando su elemento padre y cantidad necesaria para elaborarlo (*Tabla 15*). Así mismo, a cada elemento se le dio un lead time, el cual es de 0.5 días para materiales genéricos que puede conseguirse en cualquier ferretería, 1 día para elementos que se encuentran fácilmente, pero en comercios más especializados que muy posiblemente estarán lejos del lugar de instalación (los proyectos se realizan en su mayoría en zonas rurales) y de 5 días para aquellos componentes especializados, como las válvulas y láminas de Zinc.

Tabla 16.

*Resumen de material necesario semanal*

Código	Componente	Unidades	Cantidad para elaborar elemento padre	Cantidad a ordenar					
				Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	Plástico	Und	10	0	9	20	10	20	0
2	Lonas	Und	10	0	9	20	10	20	0
3	Sacos	Und	10	0	9	20	10	20	0
4	Ladrillo	Und	34	0	43	68	34	68	0
5	Piedrín	kg	34	0	33	68	34	68	0
6	Cemento 40kg	Sacos	4	0	5	8	4	8	0
7	Manga tubular 250micrones	Und	2	1	4	2	4	0	0
8	Tubería desagüe PVC 6in	m	3	0	2	6	3	6	0
9	Boya	m	40	0	59	80	40	80	0
10	Adaptador PVC 3/4in	Und	1	0	0	2	1	2	0
11	Tubería de agua 3/4in	m	3	0	2	6	3	6	0
12	Accesorios PVC	Und	1	0	0	2	1	2	0
13	Cuerda plástica 1/4in	m	25	0	34	50	25	50	0
14	Teflón	Rollos	5	0	9	10	0	15	0
15	Tee	Und	1	0	0	3	0	3	0
16	Tubo PVC	m	0,3	0	0	0	0,2	0,6	0
17	Recipiente plástico 2 litros	Und	1	0	4	0	3	0	0
18	Llave de paso plástica	und	1	0	3	0	3	0	0
19	Tubería de agua 3/4in	m	20	0	29	40	20	40	0
20	Llaves de bola 3/4in	und	2	0	2	4	2	4	0
21	Tee 3/4in	und	1	0	0	2	1	2	0
22	Codo 3/4in	und	1	0	0	2	1	2	0
23	Unión universal	und	1	0	0	3	0	3	0
24	Madera 2" x 4"	reglones	6	0	5	12	6	12	0

Tabla 17. (Continuación)

Código	Componente	Unidades	Cantidad para elaborar elemento padre	Cantidad a ordenar					
				Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
25	Madera 1" x 4"	reglones	4	0	3	8	4	8	0
26	Madera 1" x 2"	reglones	2	0	1	4	2	4	0
27	Clavos 4"	lb	2	0	2	4	2	4	0
28	Clavos 2 1/2"	lb	6	0	8	12	6	12	0
29	Clavos de Zinc	lb	2	0	2	4	2	4	0
30	Zinc	láminas	3	2	6	3	6	0	0

**Nota.** Resumen de material necesario semanal requerido para la construcción del biodigestor, con base en el estudio de (Medel, 2010). Tomado de: Medel, J. A. (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. Santiago de Chile: Universidad de Chile

Por otro lado, ya en la herramienta, se determinó para cada semana las necesidades brutas ( 1), recepciones programadas (se asumió cero para todas), el material disponible ( 2) teniendo en cuenta el inventario (el cual se alimenta de la herramienta de control de inventarios), las necesidades netas ( 3), recepciones planeadas por elemento ( 4) según lo anterior y lanzamiento necesario de la orden ANEXO 6.

$$\text{Necesidades brutas} = \text{Cantidad para elaborar el elemnto padre} * \text{Demanda de la semana} \quad (1)$$

$$\text{Cantidad disponible} = \text{Inventario} + \text{Stock de seguridad} + \text{Rep.programadas} \quad (2)$$

$$\text{Necesidades netas} = \text{Necesidades brutas} + \text{Stock de seguridad} - \text{Cant.disponible} \quad (3)$$

$$\text{Recepciones planeadas} = \text{Necesidades netas semanales} \quad (4)$$

## 6. CONCLUSIONES

- Se recomienda ampliar el alcance geográfico del proyecto ya que la demanda a nivel municipal y departamental va en aumento, en ordenes de crecimiento cercanos al 5% anual.
- Es necesario generar un impacto positivo para abarcar el mayor número de predios posibles para lo cual se requiere realizar excelentes campañas de marketing con apropiación a la población sobre el proyecto.
- Por medio de una matriz de comparación, fue posible determinar las necesidades del cliente, para ofrecerle los beneficios que este en verdad quiere, consiguiendo así un mayor entendimiento del consumidor para poder comercializar el producto de manera efectiva.
- Con un estudio de capacidades, se generó una herramienta que le permite tanto al vendedor como al cliente saber rápidamente las dimensiones necesarias del biodigestor, así como el biogás producido y lo que esto significa en dinero.
- Gracias a la base de datos de requerimiento de material, es posible alimentar un plan de requerimiento de materiales en tiempo real para asegurarse de que se contará con los recursos deseados en el tiempo correcto.

## BIBLIOGRAFIA

- Arrieta-Palacios, W. (Junio de 2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. Universidad del Perú. Piura: (Tesis de Maestría). Google Académico. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2575>
- Briceño G, B., Coronado S, R. B., & Molina S, A. B. (2019). Estudio de factibilidad en biodigestor UASB para el aprovechamiento de lodos residuales activos de la planta de tratamiento de aguas servidas. (Trabajo de grado). Universidad de América. Colombia: Repositorio Institucional Lumieres. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7393/1/6122932-2019-1-IQ.pdf>
- Compensar. (2021). Informe Diagnóstico Social: Rendición de Cuentas II Trimestre (Informe n° 2). Compensar. [https://corporativo.compensar.com/salud/Documents/Participaci%C3%B3n%20Social/Informes%20Trimestrales/RENDIC\\_TRIM\\_II\\_2021.pdf?\\_ga=2.197415535.195888364.1642429041-700898107.1637156424](https://corporativo.compensar.com/salud/Documents/Participaci%C3%B3n%20Social/Informes%20Trimestrales/RENDIC_TRIM_II_2021.pdf?_ga=2.197415535.195888364.1642429041-700898107.1637156424)
- Díaz Salazar, S. A., & Torres Cortes, H. Y. (2019). Análisis de viabilidad de la implementación de biodigestores como alternativa energética para familias del área rural. (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá: Google Académico. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24238/1/TRABAJO%20DE%20S%C3%8DN%20TESIS%20BIODIGESTORES..pdf>
- Estrada Álvarez, J., Gómez Londoño, G., & Jaramillo Jimenez, A. (2008). Biodigestor plástico de flujo continuo, generador de gas y bioabono a partir de aguas servidas. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v2n2a01.pdf>
- Ezequiel dolzani, G. (2017). Dimensionamiento de un digestor anaeróbico que trate los residuos generados en una explotación ganadera para la obtención de biogás para consumo térmico y eléctrico. (Trabajo de grado). Universidad tecnológica Nacional. Repositorio Institucional Abierto. <http://hdl.handle.net/20.500.12272/2678>
- Ferrer, I., Gamiz, M., Almeida, M., & Ruiz, A. (2009). Pilot project of biogas production from pig manure and urine mixture at ambient temperature in Ventanilla. (Trabajo de grado). National Library of Medicine. Waste Management: Science Direct.
- Global Methane Initiative (GMI). (2013). Successful Applications of Anaerobic Digestion from Across the World. Successful Applications of Anaerobic Digestion from Across the World: [https://www.globalmethane.org/documents/ag\\_case\\_studies\\_guide.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/ag_case_studies_guide.pdf)

- Gobierno de Chile, Ministerio de Energía. (2011). Manual de biogás. Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables. [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/manual\\_de\\_biogas.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/manual_de_biogas.pdf)
- González, J. M., Daza, C. A., & Urueña, C. H. (2007). Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno. (Trabajo de grado). Universidad Nacional de Colombia (págs. 133-142). Scielo.
- Guerrero, L. (01 de Noviembre de 2019). Dash. <https://www.aboutespanol.com/tipos-de-biodigestores-y-sus-disenos-3417696>
- Guesse, V. (. (2019). Manual de uso del biodigestor. Bio energías Santa Fe. [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/249063/1309194/file/Manual\\_BIODIGESTOR\\_2019.pdf](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/249063/1309194/file/Manual_BIODIGESTOR_2019.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía (2014), Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014. (Edición 2014).
- Herrera, B., Carmen, T. d., Sobalvarro, G., & Adolfo, J. (2005). Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2412>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). Comportamiento temperatura media, 2019. [http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/comportamiento-temperatura-media?p\\_p\\_id=110\\_INSTANCE\\_RAgl52E7RbQi&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_110\\_INSTANCE\\_RAgl52E7RbQi\\_struts\\_action=%2Fdocument\\_library\\_di](http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/comportamiento-temperatura-media?p_p_id=110_INSTANCE_RAgl52E7RbQi&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_110_INSTANCE_RAgl52E7RbQi_struts_action=%2Fdocument_library_di)
- Liriano, R. (2005). Aplicación de biofertilizantes como alternativa nutricional, ambiental y económica en la agricultura urbana. (Trabajo de grado). Universidad Girona. Dialnet.
- Martí Herrero, J. E. (2019). (ResearchGate). Biodigestores Tubulares: Guía de diseño y Manual de instalación. Universidad Regional Amazónica. [https://www.researchgate.net/publication/337064154\\_Biodigestores\\_Tubulares\\_guia\\_de\\_diseno\\_y\\_manual\\_de\\_instalacion\\_2019\\_J\\_Marti\\_Herrero](https://www.researchgate.net/publication/337064154_Biodigestores_Tubulares_guia_de_diseno_y_manual_de_instalacion_2019_J_Marti_Herrero)
- Medel, J. A. (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. (Trabajo de grado). Universidad de Chile. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103926>
- Medel, J. A. (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. (Trabajo de grado). Universidad de Chile. Repositorio de la Universidad de Chile. Ministerio de Ambiente:

- [https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/mitigacion\\_/LINEAMIENTOS\\_ES\\_TUFAS\\_MEJORADAS\\_PARA\\_COCCI%C3%93N\\_CON\\_LE%C3%91A.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/mitigacion_/LINEAMIENTOS_ES_TUFAS_MEJORADAS_PARA_COCCI%C3%93N_CON_LE%C3%91A.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (13 de Junio de 2021). Estufas eficientes para la cocción con leña. [https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/mitigacion\\_/LINEAMIENTOS\\_ES\\_TUFAS\\_MEJORADAS\\_PARA\\_COCCI%C3%93N\\_CON\\_LE%C3%91A.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/mitigacion_/LINEAMIENTOS_ES_TUFAS_MEJORADAS_PARA_COCCI%C3%93N_CON_LE%C3%91A.pdf)
- Resolución 0330: Ministerio de vivienda, c. y. (2017). Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D. C: Alcaldía de Bogotá.
- Organización de las Naciones Unidas. (25 de Septiembre de 2015). Organización de las Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización Mundial de la Salud -OMS-. (18 de Enero de 2020). Contaminación del aire de interiores y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- Ramírez, I. (25 de Febrero de 2019). El estudio técnico en los proyectos. <https://www.efectodigital.online/post/2019/02/25/el-estudio-t%C3%A9cnico-en-los-proyectos>
- Rincón Vélez, J. A., & Murillo Nova, Z. E. (2017). Modelo de negocio para la construcción de un biodigestor que permite disponer 7500 toneladas mensuales de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de Bogotá, empleándolos en la generación de gas y abono orgánico. (Trabajo de grado). Universidad Piloto de Colombia. Repositorio de la Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4084>
- Roger Israel, A. B., & Kevin Alexi, M. A. (2015). Biodigestor: Una Alternativa de Innovación Socio – Económica. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias Económicas. Nicaragua: Repositorio Institucional UNAN-Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/3895/>
- Uribe T., F., Zuluaga S., A. F., Valencia C, L. M., Murgueitio R, E., & Ochoa S., L. M. (2011). Buenas Prácticas ganaderas. (Trabajo de grado). Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible . Repositorio Dspace.
- Vicepresidencia de Gestión Cívica y Social. (2005). Plan económico para competitividad de Fusagasugá. Cámara de Comercio de Bogotá. <https://n9.cl/2rp1h>
- Zabaleta, R. S., Viera, M. V., & Aldana, M. D. (2017). Diseño de un Biodigestor Tubular para Zonas Rurales de la Región Piura. Piura, Perú: Universidad de Piura.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1.

## ACTIVIDAD AGROPECUARIA POR REGIÓN

DEPARTAMENTO	P. PORCINOS	P. BOVINOS	P. AVÍCOLAS	TOTAL PREDIOS
AMAZONAS	36	94	38	168
ANTIOQUIA	18.768	68.500	268	87.536
ARAUCA	1.794	10.905	47	12.746
ATLÁNTICO	5.038	6.283	73	11.394
BOGOTÁ D.C.	261	1.876	3	2.140
BOLÍVAR	24.436	19.888	25	44.349
BOYACÁ	6.236	94.278	249	100.763
CALDAS	4.281	11.383	69	15.733
CAQUETÁ	4.334	21.971	8	26.313
CASANARE	4.963	16.196	51	21.210
CAUCA	4.763	23.185	135	28.083
CESAR	8.755	14.049	55	22.859
CHOCO	1.217	2.505	188	3.910
CÓRDOBA	42.663	31.159	81	73.903
CUNDINAMARCA	7.826	84.422	1.329	93.577
GUAINÍA	35	95	19	149
GUAVIARE	1.630	4.846	3	6.479
HUILA	2.263	16.539	136	18.938
LA GUAJIRA	3.554	5.188	85	8.827
MAGDALENA	17.393	16.086	67	33.546
META	1.421	19.661	83	21.165
NARIÑO	8.870	51.107	240	60.217
NORTE DE SANTANDER	10.785	20.587	246	31.618
PUTUMAYO	2.498	8.365	93	10.956
QUINDÍO	790	2.733	140	3.663
RISARALDA	2.197	4.211	90	6.498
SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA	146	55	7	208
SANTANDER	3.262	41.638	1.443	46.343
SUCRE	29.485	16.661	72	46.218
TOLIMA	5.087	24.780	142	30.009
VALLE DEL CAUCA	7.668	14.594	539	22.801
VAUPÉS	22	82	0	104
VICHADA	299	1.739	3	2.041
<b>TOTAL</b>	<b>232.776</b>	<b>655.661</b>	<b>6.027</b>	<b>894.464</b>

**Nota.** La tabla describe la actividad bovina, porcinas y de aves de criadero para la segmentación geográfica, con base datos en los datos tomados del Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Tomado de: Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co>.

ANEXO 2.

ENCUESTA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

¿Representa usted a una entidad gubernamental, alcaldía, gobernación departamental u organización o federación agropecuaria?

---

OPCIONES DE RESPUESTA

---

Si

No

¿En las propiedades donde se optaría por implementar el proyecto se cuenta con bovinos, porcinos, o aves de criadero y si así es, en que rango de estos se encuentran? Seleccione las que corresponda

---

OPCIONES DE RESPUESTA

---

No.

Si, bovinos de 10 a 150 cabezas

Si, bovinos de 150 a 500 cabezas

Si, bovinos de 501 o más cabezas

Si, porcinos de 100 a 500 cabezas

Si, porcinos de 501 a 1000 cabezas

Si, porcinos de 1000 o más cabezas

Si, aves de 5000 a 100.000

Si, aves de 100.001 a 300.000

Si, aves de 300.001 o más

¿Qué Nota/s de gas u otro tipo de energía ocupa su propiedad?

---

OPCIONES DE RESPUESTA

---

Gas Natural conectado a Red

Pública

Gasolina

Gas propano/GPL

Carbón Mineral

Leña, Madera o Carbón de Leña  
Material de Desecho  
Otro/No aplica

¿Qué cantidad de dinero aproximadamente gasta por este recurso mensualmente?

---

OPCIONES DE RESPUESTA

---

Menor a \$100.000 COP  
Entre \$70.000 a \$220.000 COP  
Entre \$220.000 a \$280.00 COP  
Entre \$280.000 a \$2.000.000 COP  
Otro / No aplica

¿Le gustaría utilizar una Nota/s de gas que sea amigable con el medio ambiente y que no presente los riesgos actuales del GLP?

---

OPCIONES DE  
RESPUESTA

---

Si  
No

¿Conoce qué es un biodigestor y sus características?

---

OPCIONES DE  
RESPUESTA

---

Si  
No

¿Estaría dispuesto a adquirir un biodigestor?

---

OPCIONES DE RESPUESTA

---

Si  
No

Si su respuesta anterior fue NO, ¿Por qué?

---

OPCIONES DE RESPUESTA

---

Cree que es costoso y perjudicial

No le interesa ser amigable con el medio ambiente

Cree que a largo plazo será un problema

Otra / No aplica

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un biodigestor?

---

OPCIONES DE  
RESPUESTA

---

Menos de \$2500 USD

\$2500 a \$4000 USD

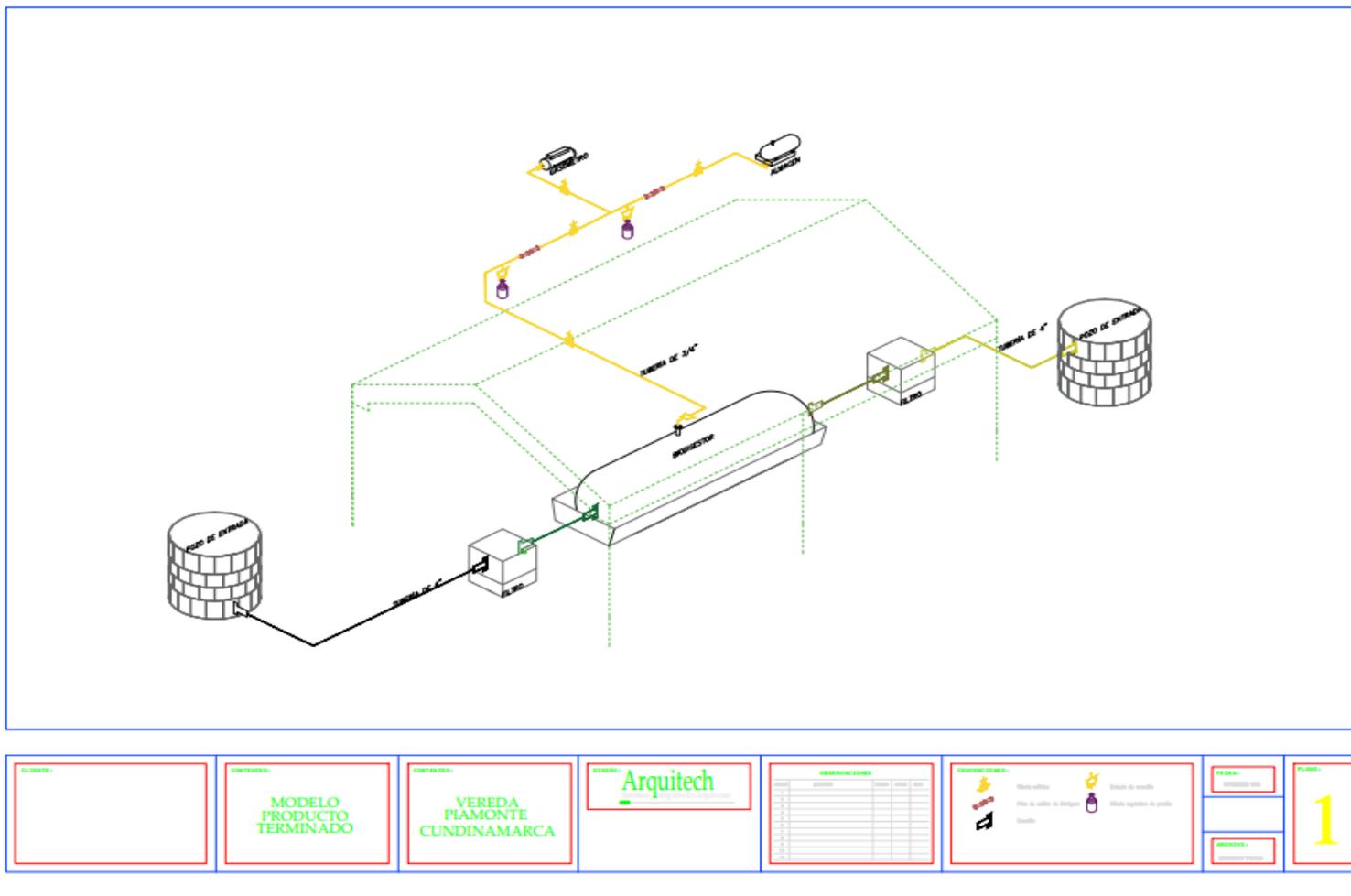
\$4000 a \$5500 USD

Más de \$5500 USD

No aplica

### ANEXO 3.

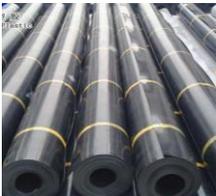
#### MODELO DE PRODUCTO TERMINADO



**Nota.** El plano muestra el modelo en el modelo del biodigestor instalado, con base en estudio de (Herrera, Carmen, Sobalvarro, & Adolfo, 2005). Tomado de: Beteta Herrera, T. d., & González Sobalvarro, J. A. (2005). Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos. Universidad Nacional Agraria: Managua, Nicaragua.

## ANEXO 4.

## PRESENTACIÓN MATERIAL DE SECCIÓN TUBULAR PARA BIODIGESTOR

Material	Presentación	Vida Útil	Precio (m2)
Plástico de invernadero (Polietileno)		Expuesto a luz solar: 2-3 años	\$ 2,850
		En sombra o bajo cubierta: 10 años	
Plástico reciclado (Polietileno de baja densidad)		Expuesto a luz solar: 2 años	\$ 1,000
		En sombra o bajo cubierta: 10 años	
Geomembrana de PVC		Expuesto a luz solar: 5-10 años	Negro \$ 29
			Blanco \$ 43,750
Geomembrana de polietileno		Expuesto a luz solar: 20 años	\$ 17,500
Geomembrana de polipropileno		Expuesto a luz solar: 10-20 años	\$ 12,000

**Nota.** Según la guía de diseño y manual de instalación, escrito por Jaime Martí Herrera (2019), se evaluaron materiales sintéticos flexibles para los biodigestores con el fin de analizar variables relacionadas con la ventajas y desventajas de compra, teniendo en cuenta su vida útil y precio estándar en el mercado.

ANEXO 5.

BASE DE DATOS DE ESTUDIO DE CAPACIDAD

Datos finca			Alimentación Bio-digestor			Digestor				Bio-gas producido			
Tipo de Anir	Descripción	Rango de anima	m <sup>3</sup> estiercol/r	m <sup>3</sup> agua/r	Mezcla total diaria (m <sup>3</sup> )	Volumen del digestor (m <sup>3</sup> )	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Producción de bio-gas (m <sup>3</sup> / día)	Energía contenida (kWh/día)	Costo de la energía producida (COP/d)	Costo de la energía producida (COP/m)
Aves de criadero	Pollo o Gallina	500000 - 560000	50 - 56	40 - 44.8	90 - 100.8	1890 - 2116.8	3.5	317.65 - 355.76	1.7	0.43 - 0.48	2.59 - 3.14	\$1,088 - \$1,319	\$32,634 - \$39,564
Aves de criadero	Pollo o Gallina	560000 - 620000	56 - 62	44.8 - 49.6	100.8 - 111.6	2116.8 - 2343.6	3.5	355.76 - 393.88	1.7	0.48 - 0.53	2.9 - 3.48	\$1,218 - \$1,462	\$36,540 - \$43,848
Aves de criadero	Pollo o Gallina	620000 - 680000	62 - 68	49.6 - 54.4	111.6 - 122.4	2343.6 - 2570.4	3.5	393.88 - 432	1.7	0.53 - 0.59	3.21 - 3.81	\$1,348 - \$1,600	\$40,446 - \$48,006
Aves de criadero	Pollo o Gallina	680000 - 740000	68 - 74	54.4 - 59.2	122.4 - 133.2	2570.4 - 2797.2	3.5	432 - 470.12	1.7	0.59 - 0.64	3.52 - 4.15	\$1,478 - \$1,743	\$44,352 - \$52,290
Aves de criadero	Pollo o Gallina	740000 - 800000	74 - 80	59.2 - 64	133.2 - 144	2797.2 - 3024	3.5	470.12 - 508.24	1.7	0.64 - 0.69	3.83 - 4.49	\$1,609 - \$1,886	\$48,258 - \$56,574
Aves de criadero	Pollo o Gallina	800000 - 860000	80 - 86	64 - 68.8	144 - 154.8	3024 - 3250.8	3.5	508.24 - 546.35	1.7	0.69 - 0.74	4.14 - 4.82	\$1,739 - \$2,024	\$52,164 - \$60,732
Aves de criadero	Pollo o Gallina	860000 - 920000	86 - 92	68.8 - 73.6	154.8 - 165.6	3250.8 - 3477.6	3.5	546.35 - 584.47	1.7	0.74 - 0.79	4.45 - 5.16	\$1,869 - \$2,167	\$56,070 - \$65,016
Aves de criadero	Pollo o Gallina	920000 - 980000	92 - 98	73.6 - 78.4	165.6 - 176.4	3477.6 - 3704.4	3.5	584.47 - 622.59	1.7	0.79 - 0.85	4.76 - 5.49	\$1,999 - \$2,306	\$59,976 - \$69,174
Aves de criadero	Pollo o Gallina	980000 - 1040000	98 - 104	78.4 - 83.2	176.4 - 187.2	3704.4 - 3931.2	3.5	622.59 - 660.71	1.7	0.85 - 0.9	5.07 - 5.83	\$2,129 - \$2,449	\$63,882 - \$73,458
Aves de criadero	Pollo o Gallina	1040000 - 1100000	104 - 110	83.2 - 88	187.2 - 198	3931.2 - 4158	3.5	660.71 - 698.82	1.7	0.9 - 0.95	5.38 - 6.17	\$2,260 - \$2,591	\$67,788 - \$77,742
Aves de criadero	Pollo o Gallina	1100000 - 1160000	110 - 116	88 - 92.8	198 - 208.8	4158 - 4384.8	3.5	698.82 - 736.94	1.7	0.95 - 1	5.69 - 6.5	\$2,390 - \$2,730	\$71,694 - \$81,900
Aves de criadero	Pollo o Gallina	1160000 - 1220000	116 - 122	92.8 - 97.6	208.8 - 219.6	4384.8 - 4611.6	3.5	736.94 - 775.06	1.7	1 - 1.05	6 - 6.84	\$2,520 - \$2,873	\$75,600 - \$86,184
Aves de criadero	Pollo o Gallina	1220000 - 1280000	122 - 128	97.6 - 102.4	219.6 - 230.4	4611.6 - 4838.4	3.5	775.06 - 813.18	1.7	1.05 - 1.1	6.31 - 7.18	\$2,650 - \$3,016	\$79,506 - \$90,468
Aves de criadero	Pollo o Gallina	1280000 - 1340000	128 - 134	102.4 - 107.2	230.4 - 241.2	4838.4 - 5065.2	3.5	813.18 - 851.29	1.7	1.1 - 1.16	6.62 - 7.51	\$2,780 - \$3,154	\$83,412 - \$94,626
Aves de criadero	Pollo o Gallina	1340000 - 1400000	134 - 140	107.2 - 112	241.2 - 252	5065.2 - 5292	3.5	851.29 - 889.41	1.7	1.16 - 1.21	6.93 - 7.85	\$2,911 - \$3,297	\$87,318 - \$98,910
Bovinos	Terneros de crianza	150 - 190	1.2 - 1.52	0.96 - 1.216	2.16 - 2.736	45.36 - 57.456	3.5	7.62 - 9.66	1.7	0.25 - 0.31	1.48 - 2.04	\$622 - \$857	\$59,976 - \$69,174
Bovinos	Terneros de crianza	190 - 230	1.52 - 1.84	1.216 - 1.472	2.736 - 3.312	57.456 - 69.552	3.5	9.66 - 11.69	1.7	0.31 - 0.38	1.88 - 2.46	\$790 - \$1,033	\$23,688 - \$30,996
Bovinos	Terneros de crianza	230 - 270	1.84 - 2.16	1.472 - 1.728	3.312 - 3.888	69.552 - 81.648	3.5	11.69 - 13.72	1.7	0.38 - 0.44	2.27 - 2.89	\$953 - \$1,214	\$28,602 - \$36,414
Bovinos	Terneros de crianza	270 - 310	2.16 - 2.48	1.728 - 1.984	3.888 - 4.464	81.648 - 93.744	3.5	13.72 - 15.76	1.7	0.44 - 0.51	2.67 - 3.32	\$1,121 - \$1,394	\$33,642 - \$41,832
Bovinos	Terneros de crianza	310 - 350	2.48 - 2.8	1.984 - 2.24	4.464 - 5.04	93.744 - 105.84	3.5	15.76 - 17.79	1.7	0.51 - 0.58	3.07 - 3.75	\$1,289 - \$1,575	\$38,682 - \$47,250
Bovinos	Terneros de crianza	350 - 390	2.8 - 3.12	2.24 - 2.496	5.04 - 5.616	105.84 - 117.936	3.5	17.79 - 19.82	1.7	0.58 - 0.64	3.46 - 4.18	\$1,453 - \$1,756	\$43,596 - \$52,668
Bovinos	Terneros de crianza	390 - 430	3.12 - 3.44	2.496 - 2.752	5.616 - 6.192	117.936 - 130.032	3.5	19.82 - 21.85	1.7	0.64 - 0.71	3.86 - 4.61	\$1,621 - \$1,936	\$48,636 - \$58,086
Bovinos	Terneros de crianza	430 - 470	3.44 - 3.76	2.752 - 3.008	6.192 - 6.768	130.032 - 142.128	3.5	21.85 - 23.89	1.7	0.71 - 0.77	4.25 - 5.03	\$1,785 - \$2,113	\$53,550 - \$63,378
Bovinos	Terneros de crianza	470 - 510	3.76 - 4.08	3.008 - 3.264	6.768 - 7.344	142.128 - 154.224	3.5	23.89 - 25.92	1.7	0.77 - 0.84	4.65 - 5.46	\$1,953 - \$2,293	\$58,590 - \$68,796
Bovinos	Terneros de crianza	510 - 550	4.08 - 4.4	3.264 - 3.52	7.344 - 7.92	154.224 - 166.32	3.5	25.92 - 27.95	1.7	0.84 - 0.91	5.04 - 5.89	\$2,117 - \$2,474	\$63,504 - \$74,214
Bovinos	Terneros de crianza	550 - 590	4.4 - 4.72	3.52 - 3.776	7.92 - 8.496	166.32 - 178.416	3.5	27.95 - 29.99	1.7	0.91 - 0.97	5.44 - 6.32	\$2,285 - \$2,654	\$68,544 - \$79,632
Bovinos	Terneros de crianza	590 - 630	4.72 - 5.04	3.776 - 4.032	8.496 - 9.072	178.416 - 190.512	3.5	29.99 - 32.02	1.7	0.97 - 1.04	5.83 - 6.75	\$2,449 - \$2,835	\$73,458 - \$85,050
Bovinos	Terneros de crianza	630 - 670	5.04 - 5.36	4.032 - 4.288	9.072 - 9.648	190.512 - 202.608	3.5	32.02 - 34.05	1.7	1.04 - 1.1	6.23 - 7.18	\$2,617 - \$3,016	\$78,498 - \$90,468
Bovinos	Terneros de crianza	670 - 710	5.36 - 5.68	4.288 - 4.544	9.648 - 10.224	202.608 - 214.704	3.5	34.05 - 36.08	1.7	1.1 - 1.17	6.62 - 7.61	\$2,780 - \$3,196	\$83,412 - \$95,886
Bovinos	Terneros de crianza	710 - 750	5.68 - 6	4.544 - 4.8	10.224 - 10.8	214.704 - 226.8	3.5	36.08 - 38.12	1.7	1.17 - 1.24	7.02 - 8.03	\$2,948 - \$3,373	\$88,452 - \$101,178
Bovinos	Terneros de engorda	150 - 190	0.6 - 0.76	0.48 - 0.608	1.08 - 1.368	22.68 - 28.728	3.5	3.81 - 4.83	1.7	0.19 - 0.23	1.11 - 1.53	\$466 - \$643	\$13,986 - \$19,278
Bovinos	Terneros de engorda	190 - 230	0.76 - 0.92	0.608 - 0.736	1.368 - 1.656	28.728 - 34.776	3.5	4.83 - 5.84	1.7	0.23 - 0.28	1.41 - 1.85	\$592 - \$777	\$17,766 - \$23,310
Bovinos	Terneros de engorda	230 - 270	0.92 - 1.08	0.736 - 0.864	1.656 - 1.944	34.776 - 40.824	3.5	5.84 - 6.86	1.7	0.28 - 0.33	1.71 - 2.17	\$718 - \$911	\$21,546 - \$27,342
Bovinos	Terneros de engorda	270 - 310	1.08 - 1.24	0.864 - 0.992	1.944 - 2.232	40.824 - 46.872	3.5	6.86 - 7.88	1.7	0.33 - 0.38	2 - 2.49	\$840 - \$1,046	\$25,200 - \$31,374
Bovinos	Terneros de engorda	310 - 350	1.24 - 1.4	0.992 - 1.12	2.232 - 2.52	46.872 - 52.92	3.5	7.88 - 8.89	1.7	0.38 - 0.43	2.3 - 2.81	\$966 - \$1,180	\$28,980 - \$35,406
Bovinos	Terneros de engorda	350 - 390	1.4 - 1.56	1.12 - 1.248	2.52 - 2.808	52.92 - 58.968	3.5	8.89 - 9.91	1.7	0.43 - 0.48	2.6 - 3.13	\$1,092 - \$1,315	\$32,760 - \$39,438
Bovinos	Terneros de engorda	390 - 430	1.56 - 1.72	1.248 - 1.376	2.808 - 3.096	58.968 - 65.016	3.5	9.91 - 10.93	1.7	0.48 - 0.53	2.89 - 3.45	\$1,214 - \$1,449	\$36,414 - \$43,470
Bovinos	Terneros de engorda	430 - 470	1.72 - 1.88	1.376 - 1.504	3.096 - 3.384	65.016 - 71.064	3.5	10.93 - 11.94	1.7	0.53 - 0.58	3.19 - 3.78	\$1,340 - \$1,588	\$40,194 - \$47,628
Bovinos	Terneros de engorda	470 - 510	1.88 - 2.04	1.504 - 1.632	3.384 - 3.672	71.064 - 77.112	3.5	11.94 - 12.96	1.7	0.58 - 0.63	3.49 - 4.1	\$1,466 - \$1,722	\$43,974 - \$51,660
Bovinos	Terneros de engorda	510 - 550	2.04 - 2.2	1.632 - 1.76	3.672 - 3.96	77.112 - 83.16	3.5	12.96 - 13.98	1.7	0.63 - 0.68	3.78 - 4.42	\$1,588 - \$1,856	\$47,628 - \$55,692
Bovinos	Terneros de engorda	550 - 590	2.2 - 2.36	1.76 - 1.888	3.96 - 4.248	83.16 - 89.208	3.5	13.98 - 14.99	1.7	0.68 - 0.73	4.08 - 4.74	\$1,714 - \$1,991	\$51,408 - \$59,724
Bovinos	Terneros de engorda	590 - 630	2.36 - 2.52	1.888 - 2.016	4.248 - 4.536	89.208 - 95.256	3.5	14.99 - 16.01	1.7	0.73 - 0.78	4.38 - 5.06	\$1,840 - \$2,125	\$55,188 - \$63,756
Bovinos	Terneros de engorda	630 - 670	2.52 - 2.68	2.016 - 2.144	4.536 - 4.824	95.256 - 101.304	3.5	16.01 - 17.03	1.7	0.78 - 0.83	4.67 - 5.38	\$1,961 - \$2,260	\$58,842 - \$67,788
Bovinos	Terneros de engorda	670 - 710	2.68 - 2.84	2.144 - 2.272	4.824 - 5.112	101.304 - 107.352	3.5	17.03 - 18.04	1.7	0.83 - 0.88	4.97 - 5.7	\$2,087 - \$2,394	\$62,622 - \$71,820
Bovinos	Terneros de engorda	710 - 750	2.84 - 3	2.272 - 2.4	5.112 - 5.4	107.352 - 113.4	3.5	18.04 - 19.06	1.7	0.88 - 0.93	5.27 - 6.03	\$2,213 - \$2,533	\$66,402 - \$75,978

Datos finca			Alimentación Bio-digestor			Digestor				Bio-gas producido			
Tipo de Animal	Descripción	Rango de animal	m <sup>3</sup> estiércol/d	m <sup>3</sup> agua/d	Mezcla total diaria (m <sup>3</sup> )	Volumen del digestor (m <sup>3</sup> )	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Producción de biogas (m <sup>3</sup> / día)	Energía contenida (kWh/día)	Costo de la energía producida (COP/d)	Costo de la energía producida (COP/mes)
Bovinos	Vacunos de engorda	150 - 190	7.5 - 9.5	6 - 7.6	13.5 - 17.1	283.5 - 359.1	3.5	47.65 - 60.35	1.7	7.73 - 9.79	46.35 - 63.6	\$19,467 - \$26,712	\$584,010 - \$801,360
Bovinos	Vacunos de engorda	190 - 230	9.5 - 11.5	7.6 - 9.2	17.1 - 20.7	359.1 - 434.7	3.5	60.35 - 73.06	1.7	9.79 - 11.85	58.71 - 76.99	\$24,658 - \$32,336	\$739,746 - \$970,074
Bovinos	Vacunos de engorda	230 - 270	11.5 - 13.5	9.2 - 10.8	20.7 - 24.3	434.7 - 510.3	3.5	73.06 - 85.76	1.7	11.85 - 13.91	71.07 - 90.38	\$29,849 - \$37,960	\$895,482 - \$1,138,788
Bovinos	Vacunos de engorda	270 - 310	13.5 - 15.5	10.8 - 12.4	24.3 - 27.9	510.3 - 585.9	3.5	85.76 - 98.47	1.7	13.91 - 15.97	83.43 - 103.77	\$35,041 - \$43,583	\$1,051,218 - \$1,307,502
Bovinos	Vacunos de engorda	310 - 350	15.5 - 17.5	12.4 - 14	27.9 - 31.5	585.9 - 661.5	3.5	98.47 - 111.18	1.7	15.97 - 18.03	95.79 - 117.16	\$40,232 - \$49,207	\$1,206,954 - \$1,476,216
Bovinos	Vacunos de engorda	350 - 390	17.5 - 19.5	14 - 15.6	31.5 - 35.1	661.5 - 737.1	3.5	111.18 - 123.88	1.7	18.03 - 20.09	108.15 - 130.55	\$45,423 - \$54,831	\$1,362,690 - \$1,644,930
Bovinos	Vacunos de engorda	390 - 430	19.5 - 21.5	15.6 - 17.2	35.1 - 38.7	737.1 - 812.7	3.5	123.88 - 136.59	1.7	20.09 - 22.15	120.51 - 143.94	\$50,614 - \$60,455	\$1,518,426 - \$1,813,644
Bovinos	Vacunos de engorda	430 - 470	21.5 - 23.5	17.2 - 18.8	38.7 - 42.3	812.7 - 888.3	3.5	136.59 - 149.29	1.7	22.15 - 24.21	132.87 - 157.33	\$55,805 - \$66,079	\$1,674,162 - \$1,982,358
Bovinos	Vacunos de engorda	470 - 510	23.5 - 25.5	18.8 - 20.4	42.3 - 45.9	888.3 - 963.9	3.5	149.29 - 162	1.7	24.21 - 26.27	145.23 - 170.72	\$60,997 - \$71,702	\$1,829,898 - \$2,151,072
Bovinos	Vacunos de engorda	510 - 550	25.5 - 27.5	20.4 - 22	45.9 - 49.5	963.9 - 1039.5	3.5	162 - 174.71	1.7	26.27 - 28.33	157.59 - 184.11	\$66,188 - \$77,326	\$1,985,634 - \$2,319,786
Bovinos	Vacunos de engorda	550 - 590	27.5 - 29.5	22 - 23.6	49.5 - 53.1	1039.5 - 1115.1	3.5	174.71 - 187.41	1.7	28.33 - 30.39	169.95 - 197.5	\$71,379 - \$82,950	\$2,141,370 - \$2,488,500
Bovinos	Vacunos de engorda	590 - 630	29.5 - 31.5	23.6 - 25.2	53.1 - 56.7	1115.1 - 1190.7	3.5	187.41 - 200.12	1.7	30.39 - 32.45	182.31 - 210.89	\$76,570 - \$88,574	\$2,297,106 - \$2,657,214
Bovinos	Vacunos de engorda	630 - 670	31.5 - 33.5	25.2 - 26.8	56.7 - 60.3	1190.7 - 1266.3	3.5	200.12 - 212.82	1.7	32.45 - 34.51	194.67 - 224.28	\$81,761 - \$94,198	\$2,452,842 - \$2,825,928
Bovinos	Vacunos de engorda	670 - 710	33.5 - 35.5	26.8 - 28.4	60.3 - 63.9	1266.3 - 1341.9	3.5	212.82 - 225.53	1.7	34.51 - 36.57	207.03 - 237.67	\$86,953 - \$99,821	\$2,608,578 - \$2,994,642
Bovinos	Vacunos de engorda	710 - 750	35.5 - 37.5	28.4 - 30	63.9 - 67.5	1341.9 - 1417.5	3.5	225.53 - 238.24	1.7	36.57 - 38.63	219.39 - 251.06	\$92,144 - \$105,445	\$2,764,314 - \$3,163,356
Bovinos	Toro de reproducción	2 - 12	0.046 - 0.276	0.0368 - 0.2208	0.0828 - 0.4968	1.7388 - 10.4328	3.5	0.29 - 1.75	1.7	0.03 - 0.2	0.2 - 1.29	\$84 - \$542	\$2,520 - \$16,254
Bovinos	Toro de reproducción	12 - 22	0.276 - 0.506	0.2208 - 0.4048	0.4968 - 0.9108	10.4328 - 19.1268	3.5	1.75 - 3.21	1.7	0.2 - 0.36	1.19 - 2.37	\$500 - \$995	\$14,994 - \$29,862
Bovinos	Toro de reproducción	22 - 32	0.506 - 0.736	0.4048 - 0.5888	0.9108 - 1.3248	19.1268 - 27.8208	3.5	3.21 - 4.68	1.7	0.36 - 0.53	2.19 - 3.45	\$920 - \$1,449	\$27,594 - \$43,470
Bovinos	Toro de reproducción	32 - 42	0.736 - 0.966	0.5888 - 0.7728	1.3248 - 1.7388	27.8208 - 36.5148	3.5	4.68 - 6.14	1.7	0.53 - 0.7	3.18 - 4.53	\$1,336 - \$1,903	\$40,068 - \$57,078
Bovinos	Toro de reproducción	42 - 52	0.966 - 1.196	0.7728 - 0.9568	1.7388 - 2.1528	36.5148 - 45.2088	3.5	6.14 - 7.6	1.7	0.7 - 0.86	4.18 - 5.61	\$1,756 - \$2,356	\$52,668 - \$70,686
Bovinos	Toro de reproducción	52 - 62	1.196 - 1.426	0.9568 - 1.1408	2.1528 - 2.5668	45.2088 - 53.9028	3.5	7.6 - 9.06	1.7	0.86 - 1.03	5.17 - 6.68	\$2,171 - \$2,806	\$65,142 - \$84,168
Bovinos	Toro de reproducción	62 - 72	1.426 - 1.656	1.1408 - 1.3248	2.5668 - 2.9808	53.9028 - 62.5968	3.5	9.06 - 10.52	1.7	1.03 - 1.19	6.17 - 7.76	\$2,591 - \$3,259	\$77,742 - \$97,776
Bovinos	Toro de reproducción	72 - 82	1.656 - 1.886	1.3248 - 1.5088	2.9808 - 3.3948	62.5968 - 71.2908	3.5	10.52 - 11.98	1.7	1.19 - 1.36	7.16 - 8.84	\$3,007 - \$3,713	\$90,216 - \$111,384
Bovinos	Toro de reproducción	82 - 92	1.886 - 2.116	1.5088 - 1.6928	3.3948 - 3.8088	71.2908 - 79.9848	3.5	11.98 - 13.44	1.7	1.36 - 1.53	8.16 - 9.92	\$3,427 - \$4,166	\$102,816 - \$124,992
Bovinos	Toro de reproducción	92 - 102	2.116 - 2.346	1.6928 - 1.8768	3.8088 - 4.2228	79.9848 - 88.6788	3.5	13.44 - 14.9	1.7	1.53 - 1.69	9.15 - 10.99	\$3,843 - \$4,616	\$115,290 - \$138,474
Bovinos	Toro de reproducción	102 - 112	2.346 - 2.576	1.8768 - 2.0608	4.2228 - 4.6368	88.6788 - 97.3728	3.5	14.9 - 16.37	1.7	1.69 - 1.86	10.15 - 12.07	\$4,263 - \$5,069	\$127,890 - \$152,082
Bovinos	Toro de reproducción	112 - 122	2.576 - 2.806	2.0608 - 2.2448	4.6368 - 5.0508	97.3728 - 106.0668	3.5	16.37 - 17.83	1.7	1.86 - 2.02	11.14 - 13.15	\$4,679 - \$5,523	\$140,364 - \$165,690
Bovinos	Toro de reproducción	122 - 132	2.806 - 3.036	2.2448 - 2.4288	5.0508 - 5.4648	106.0668 - 114.7608	3.5	17.83 - 19.29	1.7	2.02 - 2.19	12.14 - 14.23	\$5,099 - \$5,977	\$152,964 - \$179,298
Bovinos	Toro de reproducción	132 - 142	3.036 - 3.266	2.4288 - 2.6128	5.4648 - 5.8788	114.7608 - 123.4548	3.5	19.29 - 20.75	1.7	2.19 - 2.35	13.13 - 15.31	\$5,515 - \$6,430	\$165,438 - \$192,906
Bovinos	Toro de reproducción	142 - 152	3.266 - 3.496	2.6128 - 2.7968	5.8788 - 6.2928	123.4548 - 132.1488	3.5	20.75 - 22.21	1.7	2.35 - 2.52	14.13 - 16.38	\$5,935 - \$6,880	\$178,038 - \$206,388
Bovinos	Vacunos juvenes	150 - 190	3.75 - 4.75	3 - 3.8	6.75 - 8.55	141.75 - 179.55	3.5	23.82 - 30.18	1.7	2.32 - 2.94	13.91 - 19.08	\$5,842 - \$8,014	\$175,266 - \$240,408
Bovinos	Vacunos juvenes	190 - 230	4.75 - 5.75	3.8 - 4.6	8.55 - 10.35	179.55 - 217.35	3.5	30.18 - 36.53	1.7	2.94 - 3.55	17.61 - 23.1	\$7,396 - \$9,702	\$221,886 - \$291,060
Bovinos	Vacunos juvenes	230 - 270	5.75 - 6.75	4.6 - 5.4	10.35 - 12.15	217.35 - 255.15	3.5	36.53 - 42.88	1.7	3.55 - 4.17	21.32 - 27.11	\$8,954 - \$11,386	\$268,632 - \$341,586
Bovinos	Vacunos juvenes	270 - 310	6.75 - 7.75	5.4 - 6.2	12.15 - 13.95	255.15 - 292.95	3.5	42.88 - 49.24	1.7	4.17 - 4.79	25.03 - 31.13	\$10,513 - \$13,075	\$315,378 - \$392,238
Bovinos	Vacunos juvenes	310 - 350	7.75 - 8.75	6.2 - 7	13.95 - 15.75	292.95 - 330.75	3.5	49.24 - 55.59	1.7	4.79 - 5.41	28.74 - 35.15	\$12,071 - \$14,763	\$362,124 - \$442,890
Bovinos	Vacunos juvenes	350 - 390	8.75 - 9.75	7 - 7.8	15.75 - 17.55	330.75 - 368.55	3.5	55.59 - 61.94	1.7	5.41 - 6.03	32.45 - 39.17	\$13,629 - \$16,451	\$408,870 - \$493,542
Bovinos	Vacunos juvenes	390 - 430	9.75 - 10.75	7.8 - 8.6	17.55 - 19.35	368.55 - 406.35	3.5	61.94 - 68.29	1.7	6.03 - 6.64	36.15 - 43.18	\$15,183 - \$18,136	\$455,490 - \$544,068
Bovinos	Vacunos juvenes	430 - 470	10.75 - 11.75	8.6 - 9.4	19.35 - 21.15	406.35 - 444.15	3.5	68.29 - 74.65	1.7	6.64 - 7.26	39.86 - 47.2	\$16,741 - \$19,824	\$502,236 - \$594,720
Bovinos	Vacunos juvenes	470 - 510	11.75 - 12.75	9.4 - 10.2	21.15 - 22.95	444.15 - 481.95	3.5	74.65 - 81	1.7	7.26 - 7.88	43.57 - 51.22	\$18,299 - \$21,512	\$548,982 - \$645,372
Bovinos	Vacunos juvenes	510 - 550	12.75 - 13.75	10.2 - 11	22.95 - 24.75	481.95 - 519.75	3.5	81 - 87.35	1.7	7.88 - 8.5	47.28 - 55.23	\$19,858 - \$23,197	\$595,728 - \$695,898
Bovinos	Vacunos juvenes	550 - 590	13.75 - 14.75	11 - 11.8	24.75 - 26.55	519.75 - 557.55	3.5	87.35 - 93.71	1.7	8.5 - 9.12	50.99 - 59.25	\$21,416 - \$24,885	\$642,474 - \$746,550
Bovinos	Vacunos juvenes	590 - 630	14.75 - 15.75	11.8 - 12.6	26.55 - 28.35	557.55 - 595.35	3.5	93.71 - 100.06	1.7	9.12 - 9.73	54.69 - 63.27	\$22,970 - \$26,573	\$689,094 - \$797,202
Bovinos	Vacunos juvenes	630 - 670	15.75 - 16.75	12.6 - 13.4	28.35 - 30.15	595.35 - 633.15	3.5	100.06 - 106.41	1.7	9.73 - 10.35	58.4 - 67.28	\$24,528 - \$28,258	\$735,840 - \$847,728
Bovinos	Vacunos juvenes	670 - 710	16.75 - 17.75	13.4 - 14.2	30.15 - 31.95	633.15 - 670.95	3.5	106.41 - 112.76	1.7	10.35 - 10.97	62.11 - 71.3	\$26,086 - \$29,946	\$782,586 - \$898,380
Bovinos	Vacunos juvenes	710 - 750	17.75 - 18.75	14.2 - 15	31.95 - 33.75	670.95 - 708.75	3.5	112.76 - 119.12	1.7	10.97 - 11.59	65.82 - 75.32	\$27,644 - \$31,634	\$829,332 - \$949,032

Datos finca			Alimentación Bio-digestor			Digestor			
Tipo de Animal	Descripción	Rango de animales	m <sup>3</sup> estiércol/día	m <sup>3</sup> agua/día	Mezcla total diaria (m <sup>3</sup> )	Volumen del digestor (m <sup>3</sup> )	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)
Equinos	Caballos < 3 años	20 - 70	0.46 - 1.61	0.368 - 1.288	0.828 - 2.898	17.388 - 60.858	3.5	2.92 - 10.23	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	70 - 120	1.61 - 2.76	1.288 - 2.208	2.898 - 4.968	60.858 - 104.328	3.5	10.23 - 17.53	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	120 - 170	2.76 - 3.91	2.208 - 3.128	4.968 - 7.038	104.328 - 147.798	3.5	17.53 - 24.84	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	170 - 220	3.91 - 5.06	3.128 - 4.048	7.038 - 9.108	147.798 - 191.268	3.5	24.84 - 32.15	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	220 - 270	5.06 - 6.21	4.048 - 4.968	9.108 - 11.178	191.268 - 234.738	3.5	32.15 - 39.45	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	270 - 320	6.21 - 7.36	4.968 - 5.888	11.178 - 13.248	234.738 - 278.208	3.5	39.45 - 46.76	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	320 - 370	7.36 - 8.51	5.888 - 6.808	13.248 - 15.318	278.208 - 321.678	3.5	46.76 - 54.06	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	370 - 420	8.51 - 9.66	6.808 - 7.728	15.318 - 17.388	321.678 - 365.148	3.5	54.06 - 61.37	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	420 - 470	9.66 - 10.81	7.728 - 8.648	17.388 - 19.458	365.148 - 408.618	3.5	61.37 - 68.68	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	470 - 520	10.81 - 11.96	8.648 - 9.568	19.458 - 21.528	408.618 - 452.088	3.5	68.68 - 75.98	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	520 - 570	11.96 - 13.11	9.568 - 10.488	21.528 - 23.598	452.088 - 495.558	3.5	75.98 - 83.29	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	570 - 620	13.11 - 14.26	10.488 - 11.408	23.598 - 25.668	495.558 - 539.028	3.5	83.29 - 90.59	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	620 - 670	14.26 - 15.41	11.408 - 12.328	25.668 - 27.738	539.028 - 582.498	3.5	90.59 - 97.9	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	670 - 720	15.41 - 16.56	12.328 - 13.248	27.738 - 29.808	582.498 - 625.968	3.5	97.9 - 105.2	1.7
Equinos	Caballos < 3 años	720 - 770	16.56 - 17.71	13.248 - 14.168	29.808 - 31.878	625.968 - 669.438	3.5	105.2 - 112.51	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	20 - 70	0.66 - 2.31	0.528 - 1.848	1.188 - 4.158	24.948 - 87.318	3.5	4.19 - 14.68	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	70 - 120	2.31 - 3.96	1.848 - 3.168	4.158 - 7.128	87.318 - 149.688	3.5	14.68 - 25.16	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	120 - 170	3.96 - 5.61	3.168 - 4.488	7.128 - 10.098	149.688 - 212.058	3.5	25.16 - 35.64	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	170 - 220	5.61 - 7.26	4.488 - 5.808	10.098 - 13.068	212.058 - 274.428	3.5	35.64 - 46.12	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	220 - 270	7.26 - 8.91	5.808 - 7.128	13.068 - 16.038	274.428 - 336.798	3.5	46.12 - 56.6	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	270 - 320	8.91 - 10.56	7.128 - 8.448	16.038 - 19.008	336.798 - 399.168	3.5	56.6 - 67.09	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	320 - 370	10.56 - 12.21	8.448 - 9.768	19.008 - 21.978	399.168 - 461.538	3.5	67.09 - 77.57	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	370 - 420	12.21 - 13.86	9.768 - 11.088	21.978 - 24.948	461.538 - 523.908	3.5	77.57 - 88.05	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	420 - 470	13.86 - 15.51	11.088 - 12.408	24.948 - 27.918	523.908 - 586.278	3.5	88.05 - 98.53	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	470 - 520	15.51 - 17.16	12.408 - 13.728	27.918 - 30.888	586.278 - 648.648	3.5	98.53 - 109.02	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	520 - 570	17.16 - 18.81	13.728 - 15.048	30.888 - 33.858	648.648 - 711.018	3.5	109.02 - 119.5	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	570 - 620	18.81 - 20.46	15.048 - 16.368	33.858 - 36.828	711.018 - 773.388	3.5	119.5 - 129.98	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	620 - 670	20.46 - 22.11	16.368 - 17.688	36.828 - 39.798	773.388 - 835.758	3.5	129.98 - 140.46	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	670 - 720	22.11 - 23.76	17.688 - 19.008	39.798 - 42.768	835.758 - 898.128	3.5	140.46 - 150.95	1.7
Equinos	Caballos > 3 años	720 - 770	23.76 - 25.41	19.008 - 20.328	42.768 - 45.738	898.128 - 960.498	3.5	150.95 - 161.43	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1500 - 1540	4.5 - 4.62	3.6 - 3.696	8.1 - 8.316	170.1 - 174.636	3.5	28.59 - 29.35	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1540 - 1580	4.62 - 4.74	3.696 - 3.792	8.316 - 8.532	174.636 - 179.172	3.5	29.35 - 30.11	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1580 - 1620	4.74 - 4.86	3.792 - 3.888	8.532 - 8.748	179.172 - 183.708	3.5	30.11 - 30.88	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1620 - 1660	4.86 - 4.98	3.888 - 3.984	8.748 - 8.964	183.708 - 188.244	3.5	30.88 - 31.64	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1660 - 1700	4.98 - 5.1	3.984 - 4.08	8.964 - 9.18	188.244 - 192.78	3.5	31.64 - 32.4	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1700 - 1740	5.1 - 5.22	4.08 - 4.176	9.18 - 9.396	192.78 - 197.316	3.5	32.4 - 33.16	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1740 - 1780	5.22 - 5.34	4.176 - 4.272	9.396 - 9.612	197.316 - 201.852	3.5	33.16 - 33.92	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1780 - 1820	5.34 - 5.46	4.272 - 4.368	9.612 - 9.828	201.852 - 206.388	3.5	33.92 - 34.69	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1820 - 1860	5.46 - 5.58	4.368 - 4.464	9.828 - 10.044	206.388 - 210.924	3.5	34.69 - 35.45	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1860 - 1900	5.58 - 5.7	4.464 - 4.56	10.044 - 10.26	210.924 - 215.46	3.5	35.45 - 36.21	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1900 - 1940	5.7 - 5.82	4.56 - 4.656	10.26 - 10.476	215.46 - 219.996	3.5	36.21 - 36.97	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1940 - 1980	5.82 - 5.94	4.656 - 4.752	10.476 - 10.692	219.996 - 224.532	3.5	36.97 - 37.74	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	1980 - 2020	5.94 - 6.06	4.752 - 4.848	10.692 - 10.908	224.532 - 229.068	3.5	37.74 - 38.5	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	2020 - 2060	6.06 - 6.18	4.848 - 4.944	10.908 - 11.124	229.068 - 233.604	3.5	38.5 - 39.26	1.7
Ovinos	Ovejas < 1 año	2060 - 2100	6.18 - 6.3	4.944 - 5.04	11.124 - 11.34	233.604 - 238.14	3.5	39.26 - 40.02	1.7

Datos finca			Alimentación Bio-digestor			Digestor				Bio-gas producido			
Tipo de Animal	Descripción	Rango de animales	m <sup>3</sup> estiércol/día	m <sup>3</sup> agua/día	Mezcla total diaria (m <sup>3</sup> )	Volumen del digestor (m <sup>3</sup> )	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Producción de bio-gas (m <sup>3</sup> /día)	Energía contenida (kWh/día)	Costo de la energía producida (COP/día)	Costo de la energía producida (COP/mes)
Ovinos	Ovejas > 1 año	1500 - 1540	9 - 9.24	7.2 - 7.392	16.2 - 16.632	340.2 - 349.272	3.5	57.18 - 58.7	1.7	0.75 - 0.95	4.5 - 6.17	\$1,890 - \$2,591	\$56,700 - \$77,742
Ovinos	Ovejas > 1 año	1540 - 1580	9.24 - 9.48	7.392 - 7.584	16.632 - 17.064	349.272 - 358.344	3.5	58.7 - 60.23	1.7	0.95 - 1.15	5.69 - 7.47	\$2,390 - \$3,137	\$71,694 - \$94,122
Ovinos	Ovejas > 1 año	1580 - 1620	9.48 - 9.72	7.584 - 7.776	17.064 - 17.496	358.344 - 367.416	3.5	60.23 - 61.75	1.7	1.15 - 1.35	6.89 - 8.77	\$2,894 - \$3,683	\$86,814 - \$110,502
Ovinos	Ovejas > 1 año	1620 - 1660	9.72 - 9.96	7.776 - 7.968	17.496 - 17.928	367.416 - 376.488	3.5	61.75 - 63.28	1.7	1.35 - 1.55	8.09 - 10.06	\$3,398 - \$4,225	\$101,934 - \$126,756
Ovinos	Ovejas > 1 año	1660 - 1700	9.96 - 10.2	7.968 - 8.16	17.928 - 18.36	376.488 - 385.56	3.5	63.28 - 64.8	1.7	1.55 - 1.75	9.29 - 11.36	\$3,902 - \$4,771	\$117,054 - \$143,136
Ovinos	Ovejas > 1 año	1700 - 1740	10.2 - 10.44	8.16 - 8.352	18.36 - 18.792	385.56 - 394.632	3.5	64.8 - 66.32	1.7	1.75 - 1.95	10.49 - 12.66	\$4,406 - \$5,317	\$132,174 - \$159,516
Ovinos	Ovejas > 1 año	1740 - 1780	10.44 - 10.68	8.352 - 8.544	18.792 - 19.224	394.632 - 403.704	3.5	66.32 - 67.85	1.7	1.95 - 2.15	11.69 - 13.96	\$4,910 - \$5,863	\$147,294 - \$175,896
Ovinos	Ovejas > 1 año	1780 - 1820	10.68 - 10.92	8.544 - 8.736	19.224 - 19.656	403.704 - 412.776	3.5	67.85 - 69.37	1.7	2.15 - 2.35	12.89 - 15.26	\$5,414 - \$6,409	\$162,414 - \$192,276
Ovinos	Ovejas > 1 año	1820 - 1860	10.92 - 11.16	8.736 - 8.928	19.656 - 20.088	412.776 - 421.848	3.5	69.37 - 70.9	1.7	2.35 - 2.55	14.09 - 16.56	\$5,918 - \$6,955	\$177,534 - \$208,656
Ovinos	Ovejas > 1 año	1860 - 1900	11.16 - 11.4	8.928 - 9.12	20.088 - 20.52	421.848 - 430.92	3.5	70.9 - 72.42	1.7	2.55 - 2.75	15.28 - 17.86	\$6,418 - \$7,501	\$192,528 - \$225,036
Ovinos	Ovejas > 1 año	1900 - 1940	11.4 - 11.64	9.12 - 9.312	20.52 - 20.952	430.92 - 439.992	3.5	72.42 - 73.95	1.7	2.75 - 2.95	16.48 - 19.16	\$6,922 - \$8,047	\$207,648 - \$241,416
Ovinos	Ovejas > 1 año	1940 - 1980	11.64 - 11.88	9.312 - 9.504	20.952 - 21.384	439.992 - 449.064	3.5	73.95 - 75.47	1.7	2.95 - 3.15	17.68 - 20.45	\$7,426 - \$8,589	\$222,768 - \$257,670
Ovinos	Ovejas > 1 año	1980 - 2020	11.88 - 12.12	9.504 - 9.696	21.384 - 21.816	449.064 - 458.136	3.5	75.47 - 77	1.7	3.15 - 3.35	18.88 - 21.75	\$7,930 - \$9,135	\$237,888 - \$274,050
Ovinos	Ovejas > 1 año	2020 - 2060	12.12 - 12.36	9.696 - 9.888	21.816 - 22.248	458.136 - 467.208	3.5	77 - 78.52	1.7	3.35 - 3.55	20.08 - 23.05	\$8,434 - \$9,681	\$253,008 - \$290,430
Ovinos	Ovejas > 1 año	2060 - 2100	12.36 - 12.6	9.888 - 10.08	22.248 - 22.68	467.208 - 476.28	3.5	78.52 - 80.05	1.7	3.55 - 3.75	21.28 - 24.35	\$8,938 - \$10,227	\$268,128 - \$306,810
Procinos	Porcino de engorda	1500 - 1900	6.75 - 8.55	5.4 - 6.84	12.15 - 15.39	255.15 - 323.19	3.5	42.88 - 54.32	1.7	0.03 - 0.04	0.17 - 0.23	\$71 - \$97	\$2,142 - \$2,898
Procinos	Porcino de engorda	1900 - 2300	8.55 - 10.35	6.84 - 8.28	15.39 - 18.63	323.19 - 391.23	3.5	54.32 - 65.75	1.7	0.04 - 0.04	0.21 - 0.28	\$88 - \$118	\$2,646 - \$3,528
Procinos	Porcino de engorda	2300 - 2700	10.35 - 12.15	8.28 - 9.72	18.63 - 21.87	391.23 - 459.27	3.5	65.75 - 77.19	1.7	0.04 - 0.05	0.26 - 0.32	\$109 - \$134	\$3,276 - \$4,032
Procinos	Porcino de engorda	2700 - 3100	12.15 - 13.95	9.72 - 11.16	21.87 - 25.11	459.27 - 527.31	3.5	77.19 - 88.62	1.7	0.05 - 0.06	0.3 - 0.37	\$126 - \$155	\$3,780 - \$4,662
Procinos	Porcino de engorda	3100 - 3500	13.95 - 15.75	11.16 - 12.6	25.11 - 28.35	527.31 - 595.35	3.5	88.62 - 100.06	1.7	0.06 - 0.06	0.34 - 0.42	\$143 - \$176	\$4,284 - \$5,292
Procinos	Porcino de engorda	3500 - 3900	15.75 - 17.55	12.6 - 14.04	28.35 - 31.59	595.35 - 663.39	3.5	100.06 - 111.49	1.7	0.06 - 0.07	0.39 - 0.47	\$164 - \$197	\$4,914 - \$5,922
Procinos	Porcino de engorda	3900 - 4300	17.55 - 19.35	14.04 - 15.48	31.59 - 34.83	663.39 - 731.43	3.5	111.49 - 122.93	1.7	0.07 - 0.08	0.43 - 0.52	\$181 - \$218	\$5,418 - \$6,552
Procinos	Porcino de engorda	4300 - 4700	19.35 - 21.15	15.48 - 16.92	34.83 - 38.07	731.43 - 799.47	3.5	122.93 - 134.36	1.7	0.08 - 0.09	0.48 - 0.57	\$202 - \$239	\$6,048 - \$7,182
Procinos	Porcino de engorda	4700 - 5100	21.15 - 22.95	16.92 - 18.36	38.07 - 41.31	799.47 - 867.51	3.5	134.36 - 145.8	1.7	0.09 - 0.09	0.52 - 0.61	\$218 - \$256	\$6,552 - \$7,686
Procinos	Porcino de engorda	5100 - 5500	22.95 - 24.75	18.36 - 19.8	41.31 - 44.55	867.51 - 935.55	3.5	145.8 - 157.24	1.7	0.09 - 0.1	0.57 - 0.66	\$239 - \$277	\$7,182 - \$8,316
Procinos	Porcino de engorda	5500 - 5900	24.75 - 26.55	19.8 - 21.24	44.55 - 47.79	935.55 - 1003.59	3.5	157.24 - 168.67	1.7	0.1 - 0.11	0.61 - 0.71	\$256 - \$298	\$7,686 - \$8,946
Procinos	Porcino de engorda	5900 - 6300	26.55 - 28.35	21.24 - 22.68	47.79 - 51.03	1003.59 - 1071.63	3.5	168.67 - 180.11	1.7	0.11 - 0.12	0.65 - 0.76	\$273 - \$319	\$8,190 - \$9,576
Procinos	Porcino de engorda	6300 - 6700	28.35 - 30.15	22.68 - 24.12	51.03 - 54.27	1071.63 - 1139.67	3.5	180.11 - 191.54	1.7	0.12 - 0.12	0.7 - 0.81	\$294 - \$340	\$8,820 - \$10,206
Procinos	Porcino de engorda	6700 - 7100	30.15 - 31.95	24.12 - 25.56	54.27 - 57.51	1139.67 - 1207.71	3.5	191.54 - 202.98	1.7	0.12 - 0.13	0.74 - 0.85	\$311 - \$357	\$9,324 - \$10,710
Procinos	Porcino de engorda	7100 - 7500	31.95 - 33.75	25.56 - 27	57.51 - 60.75	1207.71 - 1275.75	3.5	202.98 - 214.41	1.7	0.13 - 0.14	0.79 - 0.9	\$332 - \$378	\$9,954 - \$11,340
Procinos	Porcinos juvenes	1500 - 1900	3 - 3.8	2.4 - 3.04	5.4 - 6.84	113.4 - 143.64	3.5	19.06 - 24.14	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	1900 - 2300	3.8 - 4.6	3.04 - 3.68	6.84 - 8.28	143.64 - 173.88	3.5	24.14 - 29.22	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	2300 - 2700	4.6 - 5.4	3.68 - 4.32	8.28 - 9.72	173.88 - 204.12	3.5	29.22 - 34.31	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	2700 - 3100	5.4 - 6.2	4.32 - 4.96	9.72 - 11.16	204.12 - 234.36	3.5	34.31 - 39.39	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	3100 - 3500	6.2 - 7	4.96 - 5.6	11.16 - 12.6	234.36 - 264.6	3.5	39.39 - 44.47	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	3500 - 3900	7 - 7.8	5.6 - 6.24	12.6 - 14.04	264.6 - 294.84	3.5	44.47 - 49.55	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	3900 - 4300	7.8 - 8.6	6.24 - 6.88	14.04 - 15.48	294.84 - 325.08	3.5	49.55 - 54.64	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	4300 - 4700	8.6 - 9.4	6.88 - 7.52	15.48 - 16.92	325.08 - 355.32	3.5	54.64 - 59.72	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	4700 - 5100	9.4 - 10.2	7.52 - 8.16	16.92 - 18.36	355.32 - 385.56	3.5	59.72 - 64.8	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	5100 - 5500	10.2 - 11	8.16 - 8.8	18.36 - 19.8	385.56 - 415.8	3.5	64.8 - 69.88	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	5500 - 5900	11 - 11.8	8.8 - 9.44	19.8 - 21.24	415.8 - 446.04	3.5	69.88 - 74.96	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	5900 - 6300	11.8 - 12.6	9.44 - 10.08	21.24 - 22.68	446.04 - 476.28	3.5	74.96 - 80.05	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	6300 - 6700	12.6 - 13.4	10.08 - 10.72	22.68 - 24.12	476.28 - 506.52	3.5	80.05 - 85.13	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	6700 - 7100	13.4 - 14.2	10.72 - 11.36	24.12 - 25.56	506.52 - 536.76	3.5	85.13 - 90.21	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0
Procinos	Porcinos juvenes	7100 - 7500	14.2 - 15	11.36 - 12	25.56 - 27	536.76 - 567	3.5	90.21 - 95.29	1.7	0 - 0	0 - 0	\$0 - \$0	\$0 - \$0

**Nota.:** La base de datos muestra, dependiendo del tipo de animal y sus rangos de números, las columnas de volumen de estiércol diario, el cual se tomó del estudio de Medel (A., 2010), que a su vez permitió determinar el volumen diario de agua (1), teniendo en cuenta que según la empresa Electricidad ICE (ICE) el promedio de porcentaje de sólidos en el volumen total de estiércol es de 0.2g/m3, y la necesidad de agua en el proceso de producción de biogás.

ANEXO 6.

PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Artículo	Cantidad para elaborar elemento padre	Lead time	Inventario disponible	Stock de seguridad	Conceptos	Periodo de tiempo						
						Código	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Plástico	10	1	1	0	Necesidades brutas				10	20	10	20
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				9	20	10	20
					Recepcion de orden				9	20	10	20
					Lanzamiento de orden	1		9	20	10	20	
Lonas	10	1	1	0	Necesidades brutas				10	20	10	20
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				9	20	10	20
					Recepcion de orden				9	20	10	20
					Lanzamiento de orden	2		9	20	10	20	
Sacos	10	1	1	0	Necesidades brutas				10	20	10	20
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				9	20	10	20
					Recepcion de orden				9	20	10	20
					Lanzamiento de orden	3		9	20	10	20	
Ladrillo	34	1	1	10	Necesidades brutas				34	68	34	68
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				10	10	10	10
					Necesidades netas				43	68	34	68
					Recepcion de orden				43	68	34	68
					Lanzamiento de orden	4		43	68	34	68	
Piedrín	34	1	1	0	Necesidades brutas				34	68	34	68
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				33	68	34	68
					Recepcion de orden				33	68	34	68
					Lanzamiento de orden	5		33	68	34	68	
Cemento 40kg	4	0.5	1	2	Necesidades brutas				4	8	4	8
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				2	2	2	2
					Necesidades netas				5	8	4	8
					Recepcion de orden				5	8	4	8
					Lanzamiento de orden	6		5	8	4	8	
Manga tubular 250micrones	2	5	1	0	Necesidades brutas				2	4	2	4
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				1	4	2	4
					Recepcion de orden				1	4	2	4
					Lanzamiento de orden	7	1	4	2	4	0	
Tubería desagüe PVC 6in	3	1	1	0	Necesidades brutas				3	6	3	6
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				2	6	3	6
					Recepcion de orden				2	6	3	6
					Lanzamiento de orden	8		2	6	3	6	
Boya	40	1	1	20	Necesidades brutas				40	80	40	80
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				20	20	20	20
					Necesidades netas				59	80	40	80
					Recepcion de orden				59	80	40	80
					Lanzamiento de orden	9		59	80	40	80	
Adaptador PVC 3/4in	1	1	1	0	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				0	2	1	2
					Recepcion de orden				0	2	1	2
					Lanzamiento de orden	10		0	2	1	2	
Tubería de agua 3/4in	3	1	1	0	Necesidades brutas				3	6	3	6
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				2	6	3	6
					Recepcion de orden				2	6	3	6
					Lanzamiento de orden	11		2	6	3	6	
Accesorios PVC	1	1	1	0	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				0	2	1	2
					Recepcion de orden				0	2	1	2
					Lanzamiento de orden	12		0	2	1	2	
Cuerda plastica 1/4in	25	1	1	10	Necesidades brutas				25	50	25	50
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				10	10	10	10
					Necesidades netas				34	50	25	50
					Recepcion de orden				34	50	25	50
					Lanzamiento de orden	13		34	50	25	50	
Teflón	5	0.5	1	5	Necesidades brutas				5	10	5	10
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				5	5	0	5
					Necesidades netas				9	10	0	15
					Recepcion de orden				9	10	0	15
					Lanzamiento de orden	14		9	10	0	15	
Tee	1	1	1	1	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	1	0	1
					Necesidades netas				0	3	0	3
					Recepcion de orden				0	3	0	3
					Lanzamiento de orden	15		0	3	0	3	

Planificación de materiales												
Artículo	Cantidad para elaborar elemento padre	Lead time	Inventario disponible	Stock de seguridad	Conceptos	Periodo de tiempo						
						Código	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Tubo PVC	0.3	1	1	0	Necesidades brutas				0.3	0.6	0.3	0.6
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0.7	0.1	0	0
					Necesidades netas				0	0	0.2	0.6
					Recepcion de orden				0	0	0.2	0.6
					Lanzamiento de orden	16		0	0	0.2	0.6	
Recipiente plástico 2 litros	1	5	1	2	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	2	1	2
					Necesidades netas				0	4	0	3
					Recepcion de orden				0	4	0	3
					Lanzamiento de orden	17		0	4	0	3	0
Llave de paso plástica	1	5	1	1	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	1	0	1
					Necesidades netas				0	3	0	3
					Recepcion de orden				0	3	0	3
					Lanzamiento de orden	18		0	3	0	3	0
Tubería de agua 3/4in	20	1	1	10	Necesidades brutas				20	40	20	40
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				10	10	10	10
					Necesidades netas				29	40	20	40
					Recepcion de orden				29	40	20	40
					Lanzamiento de orden	19		29	40	20	20	
Llaves de bola 3/4in	2	1	1	1	Necesidades brutas				2	4	2	4
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				1	1	1	1
					Necesidades netas				2	4	2	4
					Recepcion de orden				2	4	2	4
					Lanzamiento de orden	20		2	4	2	4	
Tee 3/4in	1	1	1	0	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				0	2	1	2
					Recepcion de orden				0	2	1	2
					Lanzamiento de orden	21		0	2	1	2	
Codo 3/4in	1	1	1	0	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				0	2	1	2
					Recepcion de orden				0	2	1	2
					Lanzamiento de orden	22		0	2	1	2	
Unión universal	1	1	1	1	Necesidades brutas				1	2	1	2
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	1	0	1
					Necesidades netas				0	3	0	3
					Recepcion de orden				0	3	0	3
					Lanzamiento de orden	23		0	3	0	3	
Madera 2" x 4"	6	0.5	1	0	Necesidades brutas				6	12	6	12
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				5	12	6	12
					Recepcion de orden				5	12	6	12
					Lanzamiento de orden	24		5	12	6	12	
Madera 1" x 4"	4	0.5	1	0	Necesidades brutas				4	8	4	8
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				3	8	4	8
					Recepcion de orden				3	8	4	8
					Lanzamiento de orden	25		3	8	4	8	
Madera 1" x 2"	2	0.5	1	0	Necesidades brutas				2	4	2	4
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				1	4	2	4
					Recepcion de orden				1	4	2	4
					Lanzamiento de orden	26		1	4	2	4	
Clavos 4"	2	0.5	1	1	Necesidades brutas				2	4	2	4
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				1	1	1	1
					Necesidades netas				2	4	2	4
					Recepcion de orden				2	4	2	4
					Lanzamiento de orden	27		2	4	2	4	
Clavos 2 1/2"	6	0.5	1	3	Necesidades brutas				6	12	6	12
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				3	3	3	3
					Necesidades netas				8	12	6	12
					Recepcion de orden				8	12	6	12
					Lanzamiento de orden	28		8	12	6	12	
Clavos de Zinc	2	0.5	1	1	Necesidades brutas				2	4	2	4
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				1	1	1	1
					Necesidades netas				2	4	2	4
					Recepcion de orden				2	4	2	4
					Lanzamiento de orden	29		2	4	2	4	
Zinc	3	4	1	0	Necesidades brutas				3	6	3	6
					Recepciones programadas				0	0	0	0
					Disponible				0	0	0	0
					Necesidades netas				2	6	3	6
					Recepcion de orden				2	6	3	6
					Lanzamiento de orden	30		2	6	3	6	

**Nota.:** La herramienta muestra cada semana las necesidades brutas, recepciones programadas (se asumió cero para todas), el material disponible teniendo en cuenta el inventario (el cual se alimenta de la herramienta de control de inventarios), las necesidades netas, recepciones planeadas por elemento, según lanzamiento necesario de la orden.