

**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS
EN GRANJA AVÍCOLA, ESTUDIO DE CASO GRANJA LA CAROLINA
VEREDA KIWUA, GARAGOA, BOYACÁ**

2002-012

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Línea de Investigación:

Energías Alternativas, Gestión y Productividad Sustentable

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2021

Tabla de contenido

4 Resumen	5
5 Abstract	5
6 Introducción	6
7 Planteamiento del problema	8
8 Justificación	11
9 Objetivos	13
10 Marco de referencia	14
10.1 Marco geográfico y descripción del territorio	14
10.2 Estado del Arte	18
10.3 Marco teórico	22
10.4 Marco conceptual	25
10.5 Marco normativo	29
10.6 Marco institucional	31
11 Metodología	32
11.1 Objetivo 1	32
11.2 Objetivo 2	37
11.3 Objetivo 3	41
12. Plan de trabajo	45
13 Aspectos Éticos	47
14. Resultados	48
14.1 Resultados Objetivo específico 1:	48
14.2 Resultados objetivo específico 2:	61
14.3 Resultados objetivo específico 3	70
15 Conclusiones	78
16 Recomendaciones	79
18 Anexos:	85
18.1 Anexo1	85
18.2 Anexo 2	86

Listado de Tablas

Tabla 1. Características generales del Biogás

Tabla 2. Marco Normativo y legal

Tabla 3. Diagnóstico actual de la granja

Tabla 4. Metodología para el desarrollo del primer objetivo

Tabla 5. Matriz de alternativas de biodigestores

Tabla 6. Criterios de resultado matriz de alternativas de biodigestores

Tabla 7. Metodología para el desarrollo del segundo objetivo

Tabla 8. Flujo de caja Granja la Carolina

Tabla 9. Metodología para el desarrollo del tercer objetivo

Tabla 10. Plan de trabajo

Tabla 11. Tabla diagnóstico estado actual granja

Tabla 12. Alternativas de biodigestores

Tabla 13. Producción de biogás por tipo de residuo animal

Tabla 14. Cotización

Listado de Figuras

Figura 1. Contextualización del planteamiento del problema

Figura 2. Gallinaza nueva, empacada en pacas de aproximadamente 40 kg

Figura 3. Pila de gallinaza humedecida para proceso de descomposición.

Figura 4. Abono empacado para la venta.

Figura 5. Ubicación Geográfica Departamento de Boyacá

Figura 6. Ubicación de la Granja La Carolina respecto al municipio de Garagoa, Boyacá

Figura 7. Área Granja la Carolina

Figura 8. Rotación de las gallinas en la Granja

Figura 9. Actividad avícola y galpones en la Granja La Carolina

Figura 10. Contextualización del Marco teórico

Figura 11. Etapas del proceso de digestión anaerobia

Figura 12. Marco institucional

Figura 13. Resultado pregunta 1, encuesta

Figura 14. Resultado pregunta 2, encuesta

Figura 15. Resultado pregunta 3, encuesta

Figura 16. Resultado pregunta 4, encuesta

Figura 17. Resultado pregunta 5, encuesta

Figura 18. Resultado pregunta 6, encuesta

Figura 19. Resultado pregunta 7, encuesta

Figura 20. Resultado pregunta 8, encuesta

Figura 21. Resultado pregunta 9, encuesta

Figura 22. Resultado pregunta 10, encuesta

Figura 23. Galpón 6, en el que se crían las pollitas.

Figura 24. Interior del galpón 6 con sus respectivas lámparas.

Figura 25. Modelo de biodigestor chino

Figura 26. Modelo de biodigestor horizontal.

Figura 27. Modelo de biodigestor Batch.

Figura 28. Modelo de biodigestor indiano

Figura 29. Diseño 3D Biodigestor Granja Caracolito

Figura 30. Diseño de Biodigestor

Figura 31. Diseño caja de inspección o carga

Figura 32. Diseño del biodigestor

Figura 33. Vista superior y frontal de la campana del biodigestor

Figura 34. Vista superior Domo del biodigestor

Figura 35. Flujo de Caja, Tasa de rehusó y periodo de recuperación de la inversión

4 Resumen

El presente estudio se realizó en la Granja Avícola La Carolina ubicada en la vereda la Kiwua, Garagoa, Boyacá. En esta granja se identifica la viabilidad de generar energía renovable a través de un biodigestor que será alimentado con gallinaza, subproducto final de la actividad realizada. Mediante este aprovechamiento, se evidencia la posible disminución de costos empleados para el consumo energético de los galpones. El estudio busca la viabilidad de la implementación de esta tecnología teniendo en cuenta las dimensiones ecológica, social y económica de la zona de estudio mencionada. En primer lugar, se realiza un diagnóstico del estado actual de la granja, en el que se encuentran deficiencias frente a la disposición final de la gallinaza, de la cual se generan 16800 Kg/mes en la granja. Posteriormente, se evalúa el tipo de biodigestor que mejor se adapta a las condiciones de la granja, siendo seleccionado el indiano como óptimo. A partir de esto, se realizó un diseño preliminar. Finalmente, se establecieron los lineamientos técnicos, económicos y sociales que implica la implementación del biodigestor en la granja para la alimentación de biogás en el galpón de las pollitas. Se determina que se necesita el 26,79% de la gallinaza disponible de la granja para cumplir con la demanda de biogás, y que la tasa de retorno de esta alternativa es de 1 año y seis meses, por lo que se concluye que el diseño propuesto es viable en materia económica y temporal.

Palabras clave: Biodigestor, Economía circular, Energías Alternativas, Materia Orgánica, Gallinaza, Digestión Anaerobia

5 Abstract

This study was carried out at the La Carolina Poultry Farm located in La Kiwua, Garagoa, Boyacá. This farm identifies the viability of generating renewable energy through a biodigester that will be fed with chicken chickens, the final by-product of the activity carried out. Through this use, it is evident the possible decrease in the costs used for the energy consumption of the sheds. The study looks at the feasibility of implementing this technology taking into account the ecological, social and economic dimensions of the study area mentioned above. First, a diagnosis is made of the current state of the farm, where there are deficiencies compared to the final disposition of the hen, from which 16800 kg/month are generated on the farm. Subsequently, the type of biodigester that best suits the conditions of the farm is evaluated, and the Indian one is selected as optimal. Based on this, a preliminary design was made. Finally, the technical, economic and social guidelines involved in the implementation of the biodigester on the farm for the feeding of biogas in the chickens shed were established. It is determined that 26.79% of the available hen hen on the farm is needed to meet the demand for biogas, and that the rate of return of this alternative is 1 year and 6 months, so it is concluded that the proposed design is economically and temporally viable.

Keywords: *Biodigester, Circular Economy, Alternative Energies, Organic Matter, Anaerobic Digestion, Poultry manure,*

6 Introducción

El sector avícola es una de las ramas de producción animal de mayor importancia en el mundo por la satisfacción de necesidades proteicas a partir de la producción de carne y huevo; en Colombia esta actividad ha tenido un crecimiento del 4,5 % y el cual va en aumento ya que genera una gran rentabilidad; al ser el sector más dinámico en la agricultura este ha venido evolucionando constantemente en nuestro territorio lo que ha permitido que se consolide dentro de la estructura actual de la economía (Rivera, Malaver, Peña Marleny & Malaver, 2011); ha pasado de ser una actividad artesanal a una con características industriales en sistemas intensivos de producción avícola. No obstante, al realizar esta actividad a escala industrial se aumenta la producción de excretas de estiércol, estas se depositan en gallinaza y generan contaminantes como metano, nitrógeno, fósforo, sulfuro de hidrógeno y azufre debido a la composición de estas excretas. Es por esto, que si no se hace una disposición final correcta con este producto se puede generar una alta contaminación en los suelos, cuerpos de agua, emisiones de polvo y generación de olores ofensivos en la zona donde se encuentra la industria generando consigo problemas en la salud humana y en los recursos esenciales para la vida (Casas Rodríguez, 2020).

La gallinaza al ser un residuo orgánico se compone por una fracción sólida (heces) y una líquida (orina), contiene también sulfuro de hidrógeno (H_2S) y otros compuestos orgánicos que pueden causar daños como degradación ambiental o transmisión de enfermedades, sin embargo, cuenta con un alto contenido de nutrientes y además de ser contaminante como se mencionó también tiene potencialidades para su tratamiento por lo cual esto le da un valor agregado a un residuo numeroso en esta actividad y mitigar los daños que causa (Casas Rodríguez, 2020).

Actualmente, muchas industrias de este sector productivo están adquiriendo tecnologías para el tratamiento o procesamiento de estas excretas no solo para la disminución de impactos negativos sino también por el valor económico que esto puede generar. Los tratamientos más comunes en este mercado son la digestión anaerobia y el compostaje, la primera es más aprovechable con respecto a la segunda, debido a que permite la reducción de la carga orgánica del residuo, la obtención de energía y finalmente un subproducto que puede ser utilizado como fertilizante y se reducen emisiones atmosféricas (Yépez, 2017).

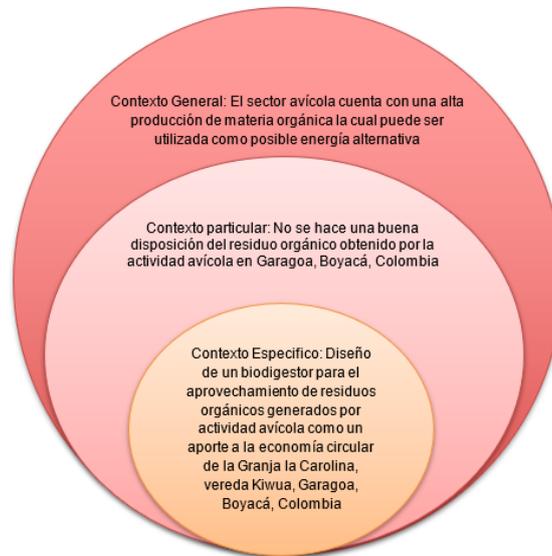
El propósito de este proyecto es reducir el impacto producido por el exceso de gallinaza en la Granja La Carolina debido al manejo que se da actualmente, esto con el fin de darle un uso adecuado a la misma incorporando este producto final en una cadena de producción de biogás, esta se caracteriza por ser una energía renovable, puesto que, este es un gas generado a partir de digestión orgánica en condiciones anaeróbicas por una población mixta de microorganismos (Balat & Balat, 2009). La implementación de un biodigestor como herramienta para producir biogás puede generar reducción de costos en La Granja La Carolina y una disminución en los contaminantes emitidos al ecosistema. Además, la subsecuente generación de abono orgánico permite la reducción del uso de fertilizantes químicos utilizados en cultivos de la granja, los cuales generan eutrofización en cuencas aledañas por lixiviación.

Este documento se encuentra compuesto por secciones que llevarán al lector por una ruta

descriptiva de las actividades realizadas. En primer lugar, se realizó un análisis de la problemática a trabajar y de la importancia que trae la implementación de las energía renovables en el sector avícola; por medio de una revisión bibliográfica se referenció el trabajo con un estado del arte, marco teórico, marco conceptual, marco normativo, marco geográfico y marco institucional, seguido de esto se estructuró el diagnóstico del estado actual de la Granja en estudio en donde se analizaron las dimensiones ecológicas, sociales y económicas del área de estudio frente al manejo actual de la gallinaza, posterior a esto se realizó un análisis para determinar qué tipo de biodigestor se ajustaba a las características de la Granja y se realizó el diseño del mismo. Finalmente se estableció los lineamientos técnicos, económicos y sociales que traería la implementación del biodigestor

7 Planteamiento del problema

Figura 1. Contextualización del planteamiento del problema



(Autores, 2021)

La Carolina es una granja avícola que cría aproximadamente 50.000 gallinas las cuales se encuentran distribuidas en seis galpones de 60 metros de largo por 15 metros de ancho, su actividad está netamente enfocada en la venta de gallinas para producción de huevo; los galpones son rotativos como se puede evidenciar en la figura 8 del marco geográfico, cada 24 semanas en momentos diferentes y de acuerdo con la rotación de las gallinas se genera un producto final de aproximadamente 60 pacas de gallinaza las cuales en peso cada una es de 40 kilos por galpón (ver figura 2). La recolección de este producto se realiza en cada galpón y dentro del mismo la humedecen con agua a temperatura ambiente para aumentar la humedad del residuo, posterior a esto se realiza un sellamiento mediante poli sombra generando consigo un aumento de temperatura con el fin de acelerar el proceso de descomposición de la gallinaza; al acelerar este proceso de forma natural también se acelera la producción y emisiones en la zona (ver figura 3).

Figura 2. Gallinaza nueva, empacada en pacas de aproximadamente 40 kg



(Autores, 2021)

Figura 3. Pila de gallinaza humedecida para proceso de descomposición.



(Autores, 2021)

Una vez cumplido el proceso de descomposición, este residuo es almacenado bajo techo; esta metodología se conoce como descomposición en piso donde pasado el tiempo completa su ciclo de descomposición y se genera abono orgánico artesanal. Cuando el abono regula su temperatura es empacado en pacas para su venta (ver figura 2), este no es muy comercial debido a que su calidad no es muy buena; por lo general la granja vende un poco más del 50% de este producto, por ende, el restante no se comercializa y lo regalan o como última opción se riega dentro de los terrenos de la granja. Es por esto que al realizar esta práctica de manera repetitiva se genera una sobrecarga de nutrientes que por medio de lixiviados están generando eutrofización en el suelo y generando afectaciones en el acueducto veredal, ocasionando un impacto que afecta el recurso y la calidad de vida de usuarios que son beneficiarios de este servicio ecosistémico. Al tener esta materia orgánica almacenada al aire libre se ha incrementado la cantidad de vectores en la zona como roedores, cucarachas, etc.

Figura 4. Abono empacado para la venta.



(Autores, 2021)

Esto conlleva a afectaciones a la salud pública local tanto de trabajadores como de propietarios en predios aledaños, como se evidencia la granja no realiza una buena disposición final de la gallinaza, por lo cual, se generan pérdidas tanto de productividad, tiempo y costos. En el área productiva cuando ingresan las gallinas de una semana de edad se genera un gran consumo de gas en las lámparas criadoras produciendo un costo alto que se podría evitar con la utilización de la materia orgánica que se tiene en exceso.

El presente caso en específico se centra en el galpón número 6 de la granja en mención, como se puede evidenciar en la figura 7 del marco geográfico, ya que en este galpón se da inicio a todo el proceso de crianza de la gallinas o pollitas como se llamarán de ahora en adelante. Este galpón cuenta con 4000 pollitas las cuales requieren de una temperatura especial para su proceso de gestación, esto solo lo requieren en sus primeros días de vida, esta temperatura oscila entre los 26° C a los 30° C y con ayuda de las lámparas de gas se llega a esta temperatura; por cada 1000 pollitas se requiere de una lámpara, por ende este galpón requiere 4 lámparas, en el proceso de levante de las pollitas se consume un cilindro de gas, cada cilindro es de 100 libras de presión y tiene un costo de 180.000 COP o 51,42 USD.

Por esta razón el planteamiento del problema se enfoca en buscar la manera de dar un uso de aprovechamiento a los residuos orgánicos generados por la gallinaza, para así mismo implementar una energía renovable buscando reducir el impacto ambiental que la granja genera, y que la misma se beneficie por la reducción de costos en su producción. Además, se busca mejorar la calidad de vida de los trabajadores y personas aledañas, también se pretende llegar a acciones que promuevan la economía circular ya que de un residuo del proceso productivo de la granja se origina energía sostenible para el proceso. Adicionalmente se obtendrá un abono de mejor calidad para que sea comercializable y con un valor económico más alto dándole un ingreso adicional a la granja posicionándose en mercados más competitivos. La pregunta problema que se planteó a lo largo de trabajo fue:

¿De qué manera se puede dar un buen uso a los residuos orgánicos generados por la gallinaza y solventar problemas energéticos en Finca La Carolina, Garagoa, Boyacá?

8 Justificación

Este trabajo se realizó para obtener el título de Ingenieros Ambientales, pero principalmente desde el enfoque de la Ingeniería Ambiental pensando en la importancia de la implementación de energías alternativas en los sistemas avícolas industriales de mediana escala en diferentes municipios de Colombia generando así mismo, un bajo impacto en el ambiente y generando ahorro de costos de un subproducto de la actividad, para esto se tuvo en cuenta aspectos ecológicos, sociales, económicos y políticos del sector avícola, tal es el caso de la Granja la Carolina ubicada en la vereda Kiwua, Garagoa, Boyacá.

En el aspecto ecológico, se pretende mejorar la disposición de los residuos orgánicos que actualmente se realiza en la granja, que, aunque no es la más apropiada, cumple con las disposiciones legales, considerando la cantidad de gallinaza producida. Estas condiciones pueden llegar a traer efectos adversos en cualquier momento; según (Arce-Solano, Campos-Rodríguez & Brenes-Peralta 2020) “Un inapropiado manejo en cualquier parte del flujo ya sea en su generación, procesamiento o disposición de la gallinaza, puede llegar a contaminar fuentes de agua, suelos y aire; también es susceptible a generar crecimiento de vectores, malos olores y polvo”.

Se considera favorable la implementación de un biodigestor que genere biogás, ya que este es una fuente de energía alternativa, que hace aprovechamiento de los residuos orgánicos y que en países como Colombia se producen en un alto volumen (Vega-Romero *et al*, 2017), si se aumentaran las energías renovables en nuestro país habría menos contaminación en los recursos ecosistémicos; somos un país que cuenta con todas las características para implementar muchas de ellas. El biodigestor procesa los residuos orgánicos y acumula en un compartimento todo el gas obtenido, es lo que se denomina comúnmente biogás siendo absolutamente apto para abastecer cualquier artefacto que se tenga en la casa o en el campo, como: cocina, horno, estufas, lámparas o cualquier otro que funcione con gas envasado o de red (Salgado, Trujillo, & Fuente, 2019).

Las energías renovables son una importante área de estudio dentro de la ingeniería, y particularmente dentro de la ingeniería ambiental, ya que puede conllevar a beneficios en todas las esferas del ambiente, la aplicación de un biodigestor en La Granja La Carolina será de gran beneficio para el ambiente presente, ya que, no se utilizará una cantidad considerable de energía eléctrica sino que se comenzará a utilizar una energía renovable, la cual, no sólo minimizaría los olores ofensivos y los daños ambientales que causa a la comunidad, sino que también contribuye a reducir el gasto energético, de esto se desprende una economía circular dentro de la Granja, puesto que, de la gallinaza sale la energía necesaria para el galpón 6 y a futuro para la totalidad de los galpones y cámaras.

Adicionalmente, la generación de abono orgánico contribuye a la disminución del uso de fertilizantes químicos; no obstante, actualmente se hace uso de este abono, pero con el que se obtiene a través del biodigestor se puede aumentar el área de utilización y se mejoraría la calidad de las cosechas existentes en la granja ya que es un bio abono más puro y con mejores características. Frente al aspecto social la implementación de un biodigestor mejora la calidad

de vida de la comunidad aledaña a la Granja, ya que hay una disminución o eliminación total de olores ofensivos que llegan a ellos por el movimiento de los vientos, e incluso será posible comercializar bio abono de buena calidad en la zona a bajo costo. Si el sistema tiene éxito, este puede replicarse, influenciando un mayor uso de energías alternativas y economía circular en fincas aledañas o empresas similares en la zona.

En el aspecto económico se observa que la Granja genera una cantidad considerable de gallinaza por lo que es posible hablar en este caso de producir energía renovable, sin embargo, este trabajo evalúa con exactitud de manera cuantitativa y cualitativa, si la cantidad de gallinaza es apropiada para la utilidad del biodigestor y su correcto funcionamiento para generar la energía necesaria que requiere el galpón 6 y como se mencionó anteriormente a futuro a la totalidad de la Granja, la implementación de esta tecnología hará que se disminuyan los costos de energía, puesto que, se determinó bajo el diagnóstico realizado que este es un servicio bastante elevado en Garagoa, pueblo aledaño a la vereda que proporciona el servicio de los cilindros.

De otro lado, es de esperar que, entre la instalación y el funcionamiento del biodigestor, se generen gastos importantes para los dueños de la Granja, sin embargo, el costo/beneficio, a futuro será favorable para la misma, por un lado, el alivio económico que se da por la sustitución de energía y por el otro, la entrada monetaria por venta de bio abono, también la competitividad frente a negocios más verdes.

Con la implementación del biodigestor se genera una economía circular debido a que la gallinaza sale como subproducto generando consigo energía a la granja y dando un auto sostenimiento a la misma; el bio abono o fertilizante que se produce es de excelente calidad, por lo cual, su precio también aumentará pero seguirá siendo asequible para la comunidad ya que puede ser útil como materia prima para cultivos de pastos, los cuales serán utilizados para el aprovechamiento en la ganadería, esta es otra actividad con alta presencia que se evidencio en el municipio.

9 Objetivos

General

Diseñar un biodigestor para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por la actividad avícola como un aporte a la economía circular del sector agropecuario. Estudio de caso granja la carolina vereda Kiwua, Garagoa-Boyacá

Específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual energética y de la gallinaza, de acuerdo a unas variables ecológicas, sociales y económicas dentro del caso de estudio.
- Evaluar alternativas de tipos de biodigestor de acuerdo a indicadores sociales, ecológicos y económicos de la zona bajo estudio.
- Establecer lineamientos técnicos, económicos y sociales para la implementación del modelo de biodigestor pertinente.

10 Marco de referencia

10.1 Marco geográfico y descripción del territorio

Colombia es el cuarto país más extenso de América del Sur, tiene 1'139,000 Km² de territorio, es el único que limita con los océanos Atlántico y Pacífico, por lo que cuenta con 2.900 km de costa, en el territorio nacional se enmarcan tres ramificaciones en la Cordillera de los Andes y un amplio rango de pisos térmicos, se encuentra dividido por 6 regiones, como lo son, Andina, Caribe, Pacífica, Orinoquía, Amazonía y por último Insular, 32 departamentos y 1.102 municipios, tiene 46 millones de habitantes y alrededor del 10% de la biodiversidad mundial, es un país que cuenta con privilegiadas condiciones geográficas, ambientales y culturales (Así es Colombia, n.d.).

El departamento de Boyacá se localiza en el centro nororiental del país, en la Cordillera Oriental de los Andes, lo atraviesa de sur a norte, está conformado por una variedad topográfica con diversidad de pisos térmicos, cuenta con una superficie de 23.189 Km², su capital es Tunja y se divide en 123 municipios (Toda Colombia, 2018)

Figura 5. Ubicación Geográfica Departamento de Boyacá



(Toda Colombia, 2018)

El Municipio Garagoa está ubicado al suroriente de Boyacá, sobre la cordillera oriental en la provincia de Neira. Tiene una temperatura promedio de 18°C, de acuerdo con el censo llevado a cabo por el DANE en 2005, para el año 2011 se proyectaba una población de 17.027

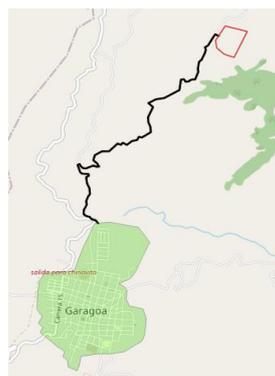
habitantes, sin tener en cuenta la población rural la cual es considerable con respecto a la urbana (DANE, 2005).

El municipio se encuentra en el flanco oriental de la cordillera oriental de los Andes, su relieve es montañoso y comprende las cuencas de los ríos Garagoa, Tunjita y algunas quebradas de importancia, que pasan por el casco urbano como la Kiwua, Los Manzanos y Perdiguíz (Alcaldía Municipal de Garagoa en Boyacá, s.f.).

Garagoa cuenta con una gran riqueza en flora gracias al sistema estratégico de Mamapacha y a los bosques nativos que aún se conservan hacia la cuchilla de Varal y en el extremo suroccidental del Municipio. Topográficamente en el municipio se pueden diferenciar tres zonas: altitudinal alta, bosque primario y bosque secundario, vegetación de páramo natural, en esta última, la vegetación se caracteriza principalmente por su discontinuidad y por encontrarse frailejón y arbustos, es una unidad de vegetación que se encuentra en el páramo de Mamapacha, donde se puede apreciar la actividad antrópica representada por ganadería en Garagoa (Alcaldía Municipal de Garagoa en Boyacá, s.f.).

La población se dedica principalmente a la producción agrícola y ganadera, empleando tecnologías limpias y sostenibles en las Treinta Veredas del Municipio bajo la asesoría y capacitación de proyectos de la Alcaldía en Asistencia Técnica Agropecuaria el ICA. La actividad avícola en el municipio se puede considerar como propia de las familias campesinas, utilizada para el consumo doméstico y para proveer los mercados urbanos (Alcaldía Municipal de Garagoa en Boyacá, s.f.). En la figura 6 se evidencia la ubicación de la Granja la Carolina con respecto a el municipio de Garagoa.

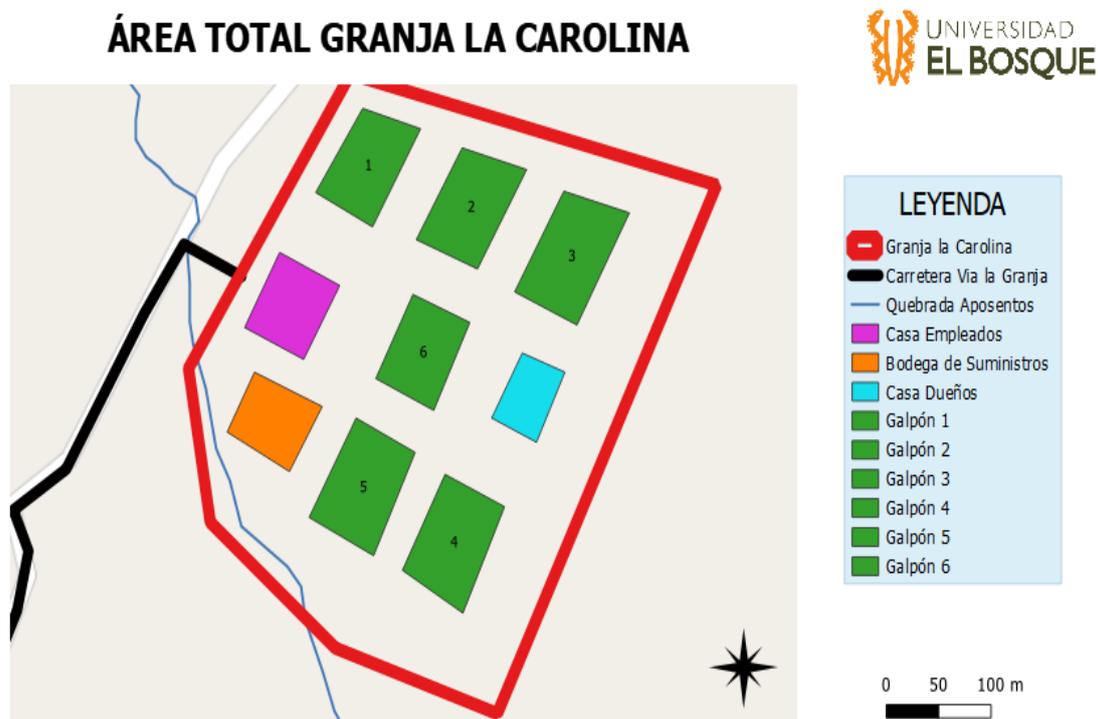
Figura 6. Ubicación de la Granja La Carolina respecto al municipio de Garagoa, Boyacá



(Autores,2021)

La Granja La Carolina se encuentra ubicada en las coordenadas $5^{\circ}06'04,3''N$, $73^{\circ}21'44.8''W$, en la vereda Kiwua Arriba, a 10 minutos del casco urbano, tiene un área de 6 hectáreas y se dedica principalmente a la actividad avícola, se crían alrededor de 50.000 gallinas para la producción de huevo, además de 4 vacas para producción de leche, cuenta con 6 galpones dedicados al ciclo de vida de las gallinas o pollitas y dos casas, una para los trabajadores y otra para los dueños de la Granja, finalmente hay una bodega de suministros; se encuentra ubicada en una zona arbórea y con alta presencia de fauna, cerca de la misma pasa una Quebrada llamada los Aposentos como se evidencia en la figura 7, gran parte del abastecimiento hídrico de la Granja y de la población aledaña es dada por esta Quebrada mencionada anteriormente.

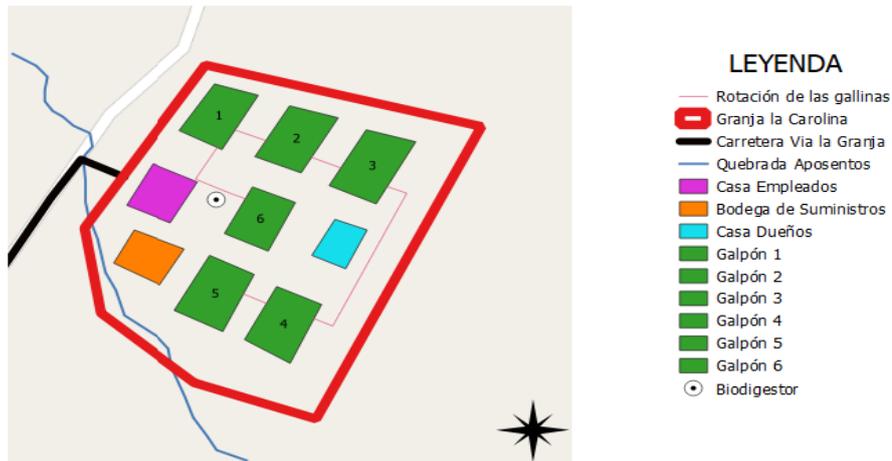
Figura 7. Área Granja la Carolina



(Autores,2021)

Los galpones son rotativos lo que significa que las gallinas se mueven de acuerdo con su crecimiento y edad dentro de los seis galpones, la rotación de los galpones se puede evidenciar en la siguiente imagen

Figura 8. Rotación de las gallinas en la Granja



(Autores, 2021)

Figura 9. Actividad avícola y galpones en la Granja La Carolina



(Autores, 2021)

10.2 Estado del Arte

Para el diseño del estado del arte, se realizó una búsqueda metódica a partir de bases de datos acerca de los biodigestores de gallinaza o estudios de biodigestores en el sector agrícola y otros; estos estudios se encuentran divididos a nivel Internacional, Nacional y Local, con cada uno de los artículos seleccionados se realizó un resumen, el cual, cuenta lo más relevante de cada documento. A nivel Internacional se encontraron estudios relevantes en India, Brasil, España, Argentina y Venezuela, para el Nacional se encontró uno en el Cesar, para este último se tomó también la referencia Local ya que en Garagoa no se han realizado estudios de esta índole.

Para dar inicio a esta recopilación, según (Estévez, 2015), en el siglo X y XI se comenzó a hablar de energías sustentables con los avances tecnológicos que se efectuaron en Europa con la Energía Hidráulica y la creación del molino de agua, lo cual, causó un gran impacto económico; en las zonas donde no había abastecimiento de agua recurrieron a la Energía Eólica con los molinos de viento, el primer molino de viento fue construido el 1185. Según la Agencia Internacional de Energía, las energías renovables ascienden al 29 % del suministro total de la energía primaria en Latinoamérica en donde se presenta con mayor fuerza la Energía Hidroeléctrica con un 62% frente a la totalidad de energías renovables existentes en el continente especialmente en Brasil y Paraguay. No obstante, para la implementación de este tipo de energías se deben tener en cuenta varios factores como lo son: Condiciones Climáticas, Capacidad Económica, Tamaño del proyecto, Abundancia del recurso, entre otros. El objetivo de las energías renovables es disminuir el impacto ambiental y la dependencia de combustibles fósiles, también, obtener beneficios económicos que ayudan a fortalecer y hacer más competitivas las empresas frente a otros mercados.

Se llama combustibles fósiles a los hidrocarburos (petróleo y gas) y al carbón; son los que proceden de la biomasa o materia orgánica provenientes de plantas, microorganismos, bacterias, algas y animales de eras pasadas, estos han surgido de transformaciones por altas temperaturas y presiones que se acumulan en el fondo de los lagos, mares u océanos con muy poco oxígeno a lo largo del Planeta Tierra hasta formar sustancias de alto contenido energético, estos son un recurso no renovable. Actualmente la mayor parte de la energía utilizada en el mundo es obtenida de los combustibles fósiles, al año se consumen 3.198.000.000.000 barriles de gas natural y 100.700.000 barriles/ día de petróleo (Estévez, 2015).

En el estudio “Anaerobic biodigestion in Indian batch-type biodigester, using poultry litter as substrate for the production of biogas” (Onofre, 2015), se evaluó la capacidad de un biodigestor anaeróbico a partir de gallinaza, para lo cual, se realizaron 3 pruebas a diferentes condiciones. El proceso de digestión anaeróbica fue eficiente en la producción de biogás en el test número tres, los diferentes tratamientos evaluados produjeron diferentes volúmenes de biogás, siendo el mejor tratamiento el que utilizó gallinaza asociada con biofertilizante, seguido por el tratamiento que usó gallinaza asociada con biofertilizante y agua, el de menor valor de producción de biogás fue observado en el tercer tratamiento, donde se utilizó una mezcla de únicamente gallinaza y agua.

Recientemente (Ribeiro *et al*, 2018), realizó un estudio en dos granjas de dos ciudades diferentes del estado de Minas Gerais en Brasil, en donde, se evaluó la factibilidad de la producción de biogás a partir del manejo de gallinaza en condiciones controladas de temperatura y sensación térmica. Se realizaron dos experimentos, el primero con agitación manual y el segundo utilizando circulación forzada del sistema de sustrato y control electrónico de temperatura. En ambos casos se agregaron microorganismos al proceso para optimizar la digestión anaerobia; los volúmenes producidos de biogás fueron menores a los reportados en la literatura. En este caso se estimó que, si las granjas en las que se realizó el estudio utilizaran este sistema para la generación de energía eléctrica, obtendrían 683 MWh/y y 27,160 MWh/y. No obstante, los valores de producción de energía obtenidos en las simulaciones de ambos experimentos no demostraron viabilidad económica bajo las condiciones estudiadas.

Para el caso de investigación “Diseño de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de las excretas de las gallinas provenientes de la granja avícola “Bilbao” en la Parroquia Cataló-Pelileo”, año 2016, realizaron el diseño de un biodigestor para la obtención de biogás y bioabono a partir de las excretas provenientes de las gallinas de una granja avícola, en esta se realizó un muestreo de la gallinaza generada en los galpones. Posteriormente se realizó un prototipo a escala para medir la temperatura dentro del biodigestor y el volumen de biogás producido por este prototipo, en donde, después de un tiempo de retención de 45 días se pudo demostrar la presencia de biogás con un volumen diario aproximado de 25.78 m³.

(Menna *et al*, 2011), realizaron un estudio en un criadero de cerdos de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, el cual analiza desde el punto de vista energético y en cuanto a la generación de biogás obtenido por digestión anaerobia de estiércol de cerdo con estrictos controles de la dieta diaria en todas las etapas del ciclo de desarrollo animal. Finalmente, se determinó una

fuerte dependencia de la generación de biogás con respecto a la temperatura, siendo está controlada, y sin necesidad de prestar atención a factores como el pH, la biodigestión puede hacer factible y el aprovechamiento energético de este tipo de unidades energéticas en la región imponiéndose la necesidad del tratamiento de los lodos residuales de la biodigestión.

El estudio de mayor antigüedad consultado se realizó en Guanare (Venezuela), en el año 2005 por Palacios, “Evaluando la aplicación de la biodigestión anaerobia en un sistema de flujo discontinuo (batch) para el tratamiento de residuos sólidos de granjas avícolas con fines de estabilización, producción de biogás, producción de bio abono y control de patógenos”. Para este caso se evaluaron tratamientos de gallinaza, únicamente cama de pollos. El resultado final es que la mezcla de materiales fue el mayor generador de biogás. Adicionalmente, se concluye que cualquiera de los tratamientos es poco eficiente para el control de bacterias, pues, todos mostraron presencia del grupo *Enterobacteriaceae* y no se observaron efectos de control sobre los huevos de los parásitos encontrados, por lo que, se recomendó un estudio más profundo, con el fin de tener un mejor manejo del bio abono (como producto secundario).

En el año 2017, Diaz en su proyecto “Diseño de un biodigestor en la producción de gas para cocinas ecológicas, a partir de desechos orgánicos producidos por animales de granja porcina, en el corregimiento de Guaimaral municipio de Curumaní Cesar”, realizó una prueba de un fermentador anaerobio, por medio de un biodigestor para la producción de biogás principalmente, adicionalmente otros productos como bio abono fertilizante, para este caso de estudio se utilizó una granja porcina, lo que difiere con el caso presente, pero los resultados son un buen punto de comparación. Para el caso, el autor concluye que:

La utilización del biodigestor (...) disminuirá la contaminación ambiental, además nos proporcionará gran parte de combustible gas metano, de igual manera, conducirá al crecimiento económico con la obtención de bio abono fertilizante, sin la presencia de malos olores, dándonos como resultado, el crecimiento en la producción agroindustrial, trayendo como beneficio el mejoramiento de la calidad de vida al corregimiento de Guaimaral municipio de Curumaní Cesar. Los resultados económicos cambiarán un 100% con el uso de este novedoso sistema. Ya que no habrá la necesidad de talar árboles y comprar un combustible para la cocción de los alimentos. Del mismo modo con la implementación de un galpón de cerdo que alimentará directamente al biodigestor, se convertirá en un proyecto productivo rentable, que generará ingresos al corregimiento

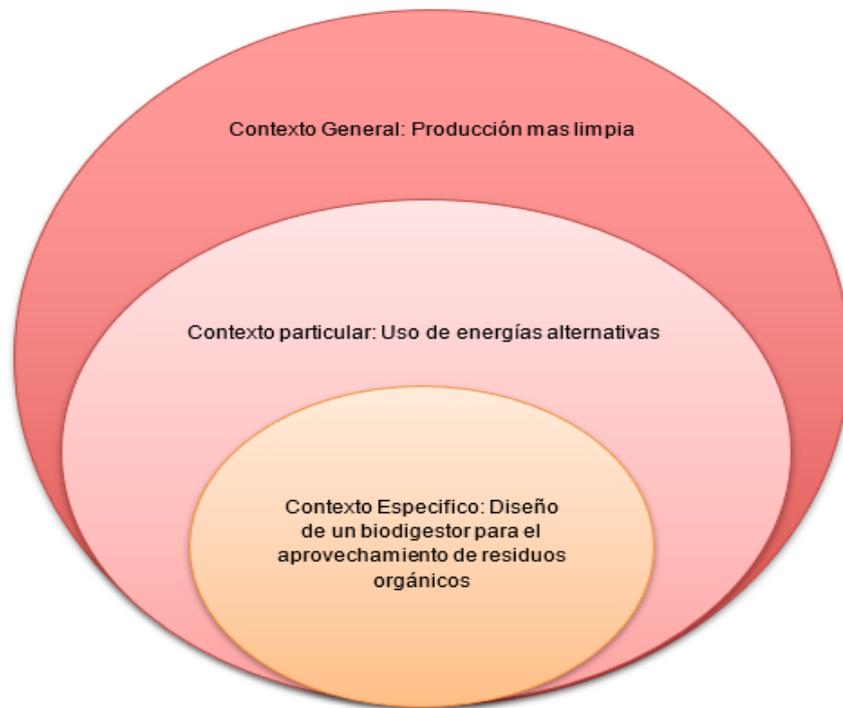
de Guaimaral convirtiéndola en una población pionera, con la producción de cerdos que abastecerá al municipio de Curumaní Cesar. (Díaz, 2017, p94.)

Como concluye Díaz, la implementación de un biodigestor no solo disminuye la contaminación ambiental, sino que también trae beneficios económicos en el sitio o empresa en la que se aplique esta tecnología.

Finalmente, a lo largo de los años la producción avícola ha tomado gran fuerza en Colombia. En el ámbito ambiental presenta grandes problemáticas asociadas a la generación de olores ofensivos, vectores, grandes cantidades de materia orgánica, problemas de alto consumo energético, lixiviación, problemas en suelos y cuerpos de agua; la mayor parte de este sector ha comenzado a innovar en cuanto a la disposición de la materia orgánica, esto por ser el subproducto que más se desprende de esta actividad, por ende, se ha optado por hacer biodigestores los cuales tratan la materia orgánica y generan una energía sustentable en donde se practique esta actividad.

10.3 Marco teórico

Figura 10. Contextualización del Marco teórico



(Autores,2020)

Para el diseño del marco teórico se realizó una búsqueda sistemática de los conceptos que abordan este estudio, partiendo de lo general a lo particular, como se evidencia en la figura 10.

La producción avícola se entiende como la práctica de criar aves con un objetivo comercial, ya sea para la venta de huevos o venta de carne. Según un estudio realizado por la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI), la producción de pollo para el año 2019 fue de aproximadamente 1.7 millones de toneladas. El proceso principal en una producción avícola consta de diferentes fases las cuales generan diferentes productos útiles para la economía.

La primera fase se conoce como la incubación, en donde a las aves se les provee la temperatura y aireación adecuadas para que en los huevos se dé el correcto crecimiento de los embriones. Esto lo logran sentándose sobre ellos; en el caso de la gallina por 21 días (Redmidia, s.f). Posteriormente, se inicia una fase de engorde, en donde se pretende el mayor rendimiento en carne, garantizando: El mejor peso vivo, conversión alimenticia y uniformidad de los pollos (Ramirez. L, 2019), esta fase genera la mayor productividad para el proceso avícola.

Finalmente, el procesamiento consta de los procesos en los cuales se realiza el sacrificio y manipulación de la producción que genera el animal.

Por otro lado, los subproductos de la producción avícola toman valor al ser manejados y utilizados adecuadamente dentro de un proceso productivo en paralelo. Sin embargo, tales subproductos también se constituyen de elementos, compuestos y organismos patógenos, que llegan a repercutir en la salud del mismo animal y de la comunidad que desarrolla esta actividad. Uno de los subproductos principales generados en esta actividad se conoce como gallinaza, mezcla de heces y orina que se obtiene de la gallina o pollo enjaulado, a la que se une la porción no digerible de los alimentos, células de descamaciones de la mucosa del aparato digestivo, productos de secreción de las glándulas, microorganismos de la biota intestinal, diversas sales minerales, plumas y un porcentaje ínfimo de material extraño (Marshall. W, 2000), los cuales emiten olores ofensivos y pueden ser aprovechables.

A medida que se presenta la agricultura sostenible, la cual según Elsa Muro es aquella que a largo plazo mejora la calidad ambiental y los recursos básicos de los cuales depende de manera directa la agricultura, satisface necesidades alimentarias a los humanos, es económicamente viable y finalmente mejora la calidad de vida del campesino productor bajo los principios económicos.

También se tomó como teoría y según el PNUMA, se define a la producción más limpia como la aplicación de estrategias integradas de prevención ambiental, enfocadas en los procesos de productos y servicios, lo cual tiene como objetivo principal reducir los riesgos en la vida humana y el medio ambiente con el fin de incrementar la competitividad de las empresas y causar una gran viabilidad en la misma.

La producción más limpia permite ahorrar materias primas, agua y energía, como también reduce emisiones de contaminantes, materias peligrosas; la reducción de impactos que genera la PML se puede ver como herramienta política empresarial, el medio ambiente sería la gestión global de la empresa y hacer esta de manera correcta mejorará el marco de sostenibilidad ("Producción más limpia ¿Qué es? | SCP/RAC - Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production", 2010)

Como ventajas se tiene la disminución del riesgo a la salud y laboral, ahorros económicos en cuanto a materias primas, agua y energía, ahorro en tratamiento de aguas residuales, mejoras en la imagen de la empresa y competitividad frente a las otras, aumento en calidad del producto,

optimización de procesos entre otras ("Producción más limpia ¿Qué es? | SCP/RAC - Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production", n.d.)

Con respecto a nuestra tercera teoría se define como energías alternativas a todas aquellas que provienen de fuentes naturales e inagotables y todas aquellas las cuales al ser producidas no contaminan, estas mismas disminuyen los impactos ambientales que se evidencian por el uso de combustibles fósiles (Energías alternativas, 2018), existen diferentes tipos de energía, pero en la que nos vamos a enfocar es en el biogás

A lo largo de los años la implementación de biodigestores en diferentes industrias y debido a su gran potencial de generar energía sustentable, disminuyendo costos y siendo amigable con el medio ambiente; el plus de la mayoría de biodigestores es trabajar como una energía alternativa dentro de las empresas y generar una economía circular debido a que funcionan principalmente con materia orgánica, la mayoría de gremios que utilizan esta energía tienen el potencial de contar con la materia orgánica necesaria para poner en marcha estos diseños.

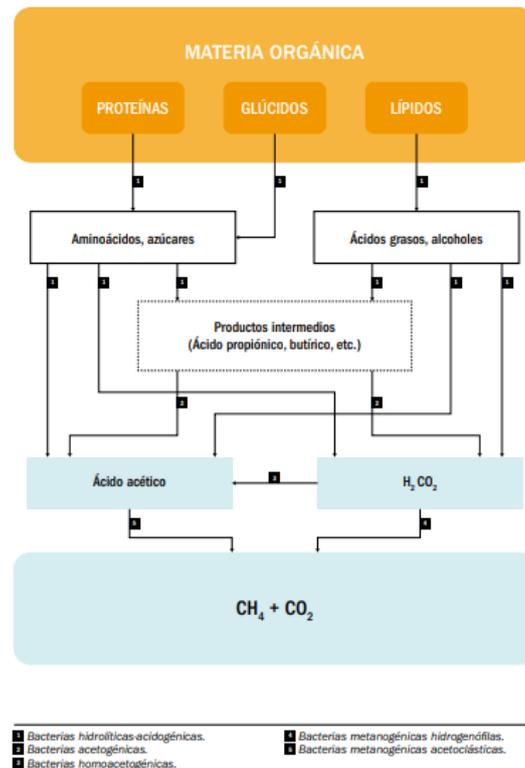
10.4 Marco conceptual

Según la FAO un biodigestor es un contenedor cerrado de forma hermética, el cual, contiene materia orgánica, esta tiene como procedencia los vegetales, carne en descomposición y excrementos de humanos o animales; un grupo de microorganismos presentes en este tipo de desechos orgánicos reaccionan y hacen una fermentación anaerobia, como resultado se obtiene biogás el cual sirve como fuente de energía para lámparas, motores de combustión, bombas de agua y generadores.

Para el presente caso específico se utilizará el biodigestor de biogás, este es una mezcla de gases el cual tiene un gran contenido de metano, se puede utilizar para cocinar como sustitución de gas propano, este también se puede convertir en fuente de energía para lámparas, motores de combustión y bombas de agua; en la Granja la Carolina se utilizará para producción de gas para las lámparas con las cuales se les ofrece calor a las gallinas.

Además, se define como digestión anaerobia al proceso en que los microorganismos estabilizan la materia orgánica en condiciones anóxicas (sin oxígeno) obteniendo metano y otros productos inorgánicos como CO₂ o H₂. Suele ser una técnica empleada en residuos con alta carga orgánica (Robledo, 2018), este proceso se da en cuatro partes como lo es la hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Para que la digestión anaerobia sea eficiente es necesario que las bacterias cuenten con unas condiciones óptimas de presión, hermeticidad, temperatura y tiempo de retención en cuanto a la eficiencia del biodigestor se debe tener en cuenta la temperatura, tipo de materia orgánica, retención, alcalinidad, nutrientes, pH y la relación C/N (Carhuancho 2012)

Figura 11. Etapas del proceso de digestión anaerobia



(Gobierno de Argentina, 2019)

El biogás se define como una energía alternativa la cual se produce la biodegradación de la materia orgánica mediante microorganismos en dispositivos los cuales no cuentan con presencia de oxígeno, de esta manera se genera un gas combustible el cual es utilizado para la producción de energía eléctrica. También se define como una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, la composición del biogás depende directamente del material digerido y del funcionamiento del proceso, cuando un biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable (FAO, Manual de Biogás, 2011)

La FAO en el Manual de Biogás (2011) expone la variedad de biodigestores que existen, entre los más utilizados se encuentran los biodigestores discontinuos, se clasifican según su consumo de la siguiente forma:

- Consumo discontinuo o régimen estacionario: Consiste en realizar la carga de materia prima una vez hasta que el contenido de ésta disminuye después de un tiempo de fermentación y el rendimiento del gas deja de ser el mismo.

- Consumo semi continuo: En este la primera carga que se realiza al biodigestor es con un gran volumen de materia orgánica y se realiza de forma gradual en función del tiempo de retención hidráulica / el volumen total de biodigestor.
- Consumo continuo: La alimentación es continua, por lo que la cantidad de efluente y afluente es proporcional y existe una generación uniforme de gas en el tiempo.

Tabla 1. Características generales del Biogás

Composición	55 – 70% metano (CH ₄) 30 – 45% dióxido de carbono (CO ₂) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

(Deublein y Steinhauser 2008)

Se define como bio abono a un fertilizante que evita la erosión de cultivos por el uso intensivo de abonos con químicos agresivos, es depende del tipo de tecnología y de los residuos orgánicos y materias primas utilizadas durante la digestión (FAO, Manual de Biogás, 2011).

Se define como residuo aquellos materiales cuyo poseedor desecha, se encuentran en estado sólido, líquido o gaseoso y se obtienen de depósitos, estos pueden ser susceptibles a ser valorizados o los cuales requieren de un tratamiento o disposición final como lo dispone la ley.

Los residuos se pueden clasificar en residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME), residuos peligrosos (RP), residuos orgánicos y residuos inorgánicos; los residuos sólidos orgánicos son biodegradables de origen vegetal o animal, los cuales son susceptibles a degradarse biológicamente generados en ámbitos urbanos y comerciales, la fracción orgánica se compone principalmente por restos de comida, jardín o desechos como

excremento. Los residuos orgánicos son residuos biodegradables de origen vegetal o animal, son susceptibles a degradarse biológicamente.

Se define como gallinaza al excremento o desecho de las gallinas el cual proviene principalmente de la cría de gallinas para producción de huevo, la gallinaza se considera como un bio abono el cual se puede utilizar como compost, o el cual puede ser transformado para la generación de energía como biogás (AEFA).

Se define como diseño a los bocetos o esquemas que se realizan para ser un soporte de un material o para la producción de algo, se emplea también para referirse a un producto el cual cuando tome forma tendrá una gran funcionalidad, este es un concepto el cual se puede utilizar en varios contextos o disciplinas; todo diseño implica una representación mental acompañada de cálculos y una plasmación visual.

10.5 Marco normativo

Para la elaboración del marco normativo y legislativo, se tuvo en cuenta la normatividad vigente relacionada con las energías alternativas y producción de biogás, en la tabla número 2 se aprecian las normas que se tienen en cuenta a lo largo de este proyecto y que son de vital importancia a lo largo del estudio.

Tabla 2. Marco Normativo y legal

NORMA	OBJETIVO	ARTÍCULOS APLICABLES
Ley 142 de 1994	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones	Artículos 8, 23 y 28
Ley 143 de 1994	Por lo cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.	Artículos 7 (parágrafo), 8(parágrafo), 21, 23, 25 y 29
Decreto 838 de 2005	Por el cual se modifica el decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones	Artículo 70
Decreto 2501 de 2007	Por medio del cual se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica.	Total
Resolución 135 de 2012	Adopta normas aplicables al servicio público domiciliario de gas combustible Biogás	Total
Ley 1715 de 2014	Se regula la integración de energías renovables no convencionales	Total

Resolución 240 de 2016	Por la cual se adoptan las normas aplicables al servicio público domiciliario de gas combustibles con biogás y biometano	Total
---------------------------	--	-------

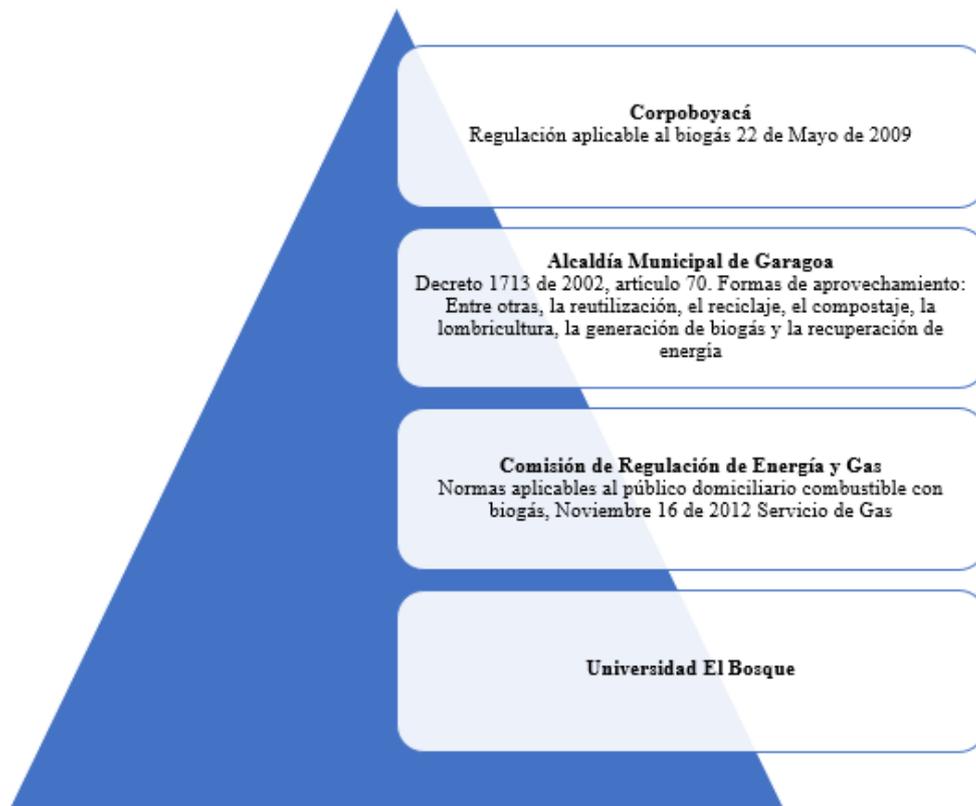
(Autores, 2021)

Con respecto a la tabla, se puede inferir que Colombia cuenta con normativa y legislación robusta en temas del uso de energías alternativas a pesar de este ser un concepto prácticamente nuevo; no obstante, falta fortalecer más la normatividad, para ser un país que cuenta con tan amplia gama de actividades industriales y que puede ser de gran contribución las energías alternativas cuenta con muy pocas regulaciones e información brindada por la misma frente a posibles proyectos a desarrollar en el país.

10.6 Marco institucional

Para realizar el marco institucional se realizó una búsqueda acerca de las instituciones que rigen el campo de aplicación en términos institucionales en el momento de desarrollo de este proyecto, durante la revisión se determinaron las siguientes instituciones la cuales según la figura 9, se representan de manera específica a general.

Figura 12. Marco institucional



(Autores, 2021)

De la anterior figura se entiende que para este proyecto puede haber participación por entidades públicas y privadas que al verse involucradas pueden desarrollar un trabajo conjunto entre si ya sea en la planeación, ejecución y/o seguimiento del proyecto.

11 Metodología

Seguidamente, se presenta la metodología planteada para la elaboración del estudio, esto se realizó con el fin de cumplir y alcanzar el desarrollo de los objetivos establecidos los cuales dan respuesta al planteamiento del problema y al objetivo general. *Para una mayor claridad de la metodología, esta se organizó por cada uno de los objetivos específicos; cada objetivo, tiene su propio método, alcance, unidad de análisis, variables, indicadores, técnicas, instrumentos y modelo, se explica de manera detallada, como se evidencia a continuación.*

11.1 Objetivo 1

Realizar un diagnóstico de la situación actual energética y de la gallinaza, de acuerdo a unas variables ecológicas, sociales y económicas dentro del caso de estudio.

El primer objetivo tiene una combinación de métodos como lo es el inductivo y deductivo analítico debido a que es un caso de estudio el cual va a generar una hipótesis de acuerdo a la información que se toma a lo largo de todo el proceso, tiene un diseño mixto ya que en lo cualitativo se tomará de base tanto autores como normativa pertinente para el respectivo caso. Lo anterior con la finalidad de obtener fuentes claras en cuanto a la cantidad y calidad de materia orgánica que se presenta en la actividad avícola, conocimiento en la totalidad del proceso de esta actividad en especial bajo la zona de estudio, y en resumen tener una buena línea base para poder escoger y construir un diseño de biodigestor adecuado.

No obstante, también se necesita en este objetivo el diseño cuantitativo, pues inicialmente se debe tener en cuenta la cantidad de Gallinaza (materia orgánica) presente en la finca en los periodos de tiempo asignados por sus dueños, número y especie de gallinas por galpón, finalmente consumo de energía de cada galpón y costos de la misma, el diseño cualitativo también nos facilitará la realización de un análisis total de la Granja.

El alcance de este objetivo es exploratorio debido a que en la zona de estudio no se han realizado trabajos ni proyectos con respecto a la energía renovable por medio de biodigestores, no obstante, con ayuda de la revisión bibliográfica se logra tener un gran alcance con dicha información. La unidad de análisis del objetivo es el tipo de biodigestor que se adecue a las condiciones de la granja en la zona de Boyacá y la gestión ambiental de la actividad presente en cuanto a la energía. Las variables que se deben tener en cuenta para el cumplimiento del primer objetivo son específicamente gallinaza (materia orgánica), agua, energía y costos, los indicadores de estas variables son:

- Kg / semana de Materia orgánica
- Disposición final Actual materia orgánica (Cualitativa)
- m³ / día de agua, disponibilidad y manejo
- KW mes de energía eléctrica utilizada por galpón y disponibilidad
- # Contenidos técnicos biodigestor / Total (Cualitativa)
- Asistencia técnica (Cualitativa)
- Nivel de conocimiento de la población (Cualitativa)
- # Asociaciones oficiales / Total, # Asociaciones privadas / Total (Cualitativa)
- COP / mes de cada una de las variables anteriormente mencionadas

Tabla 3. Diagnóstico actual de la granja

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/ Descriptor	Técnica	Instrumentos
Ecológica	Gallinaza (Materia orgánica)	Producción	Kg / semana de Materia orgánica	Aforo o conteo de la gallinaza	Camión, balanza, bitácora de registro de la cantidad de gallinaza
		Tipo de Manejo	Disposición final Actual (Cualitativo)	Visita técnica y entrevista con trabajadores	bitácora de campo, registro fotográfico, visualización de proceso
	Agua	Manejo actual	Acueducto o abastecimiento de fuentes secundarias (Cualitativo)	Revisión bibliográfica, visita técnica, entrevista dueños y trabajadores	bitácora de campo, registro fotográfico, visualización de proceso
		Disponibilidad	Fuente (Cualitativo)	Revisión bibliográfica y vista técnica	bitácora de campo y registro fotográfico
		Consumo	m ³ / día de agua, disponibilidad y manejo	Aforo del consumo y recibos de la finca	Bitácora de campo, entrevista, calculadora o Excel, recibos aportados por parte de los dueños
		Gas	Disponibilidad	Fuente (Cualitativo)	Revisión bibliográfica y

				vista técnica	
		Consumo	KW mes de energía eléctrica utilizada por galpón	Aforo del consumo y recibos de la finca	Bitácora de campo, entrevista, calculadora o Excel, recibos aportados por parte de los dueños
Social	Asistencia Técnica	Contenidos técnicos	Análisis de información (Cualitativo)	Revisión bibliográfica y vista técnica	bitácora de campo y registro fotográfico
	Educación	Conocimiento de biodigestores	Nivel de conocimiento de la población (Cualitativo)	Encuesta	Guión de encuesta y bitácora de campo
	Organización de base	Asociaciones	# Asociaciones oficiales / Total # Asociaciones privadas / Total (Cualitativo)	Análisis de información, revisión bibliográfica Encuestas	Guión de encuesta y bitácora de campo
Económico	Costos	Gallinaza (Materia orgánica)	COP / mes	Análisis de información aportada	Aforo o conteo de la gallinaza
		Agua	COP / mes		Recibo Mensual y bitácora de campo
		Gas	COP / mes		Recibo Mensual y bitácora de campo

(Autores, 2021)

Las técnicas que se utilizan para el cumplimiento de este objetivo es el análisis bibliográfico documental y normativo, análisis de costos de energía, gestión ambiental de los recursos afectados por esta actividad. Así mismo, se hizo el uso de una técnica de análisis de la calidad de agua como fuente de esta actividad y cantidad de materia orgánica obtenida, también como

técnica se tiene en cuenta el aforo de cada uno de los recibos hablando en específico de agua y energía lo cual se obtendrá por medio de entrevistas con los respectivos dueños.

En cuanto a los instrumentos se tendrá una bitácora de campo con cada una de las vivencias dentro de la granja, documentos (recibos, etc.) aportados por parte de los dueños, balanzas para contar cantidad de gallinaza generada, Excel y calculadora para comenzar a generar una buena línea base.

Como modelo argumentativo este primer objetivo da inicio al camino a lo largo de esta investigación ya que este genera un análisis total de la granja y su actividad avícola, da la apertura a diferentes hipótesis en cuanto a viabilidad y tipo de biodigestor correcto para las características de la granja.

Tabla 4. Metodología para el desarrollo del primer objetivo

Objetivo	Enfoque	Método	Alcance	Unidad de análisis	Variables	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Realizar un diagnóstico de la situación actual energética y de la gallinaza, de acuerdo a unas variables ecológicas, sociales y económicas dentro del caso de estudio	Mixto	Inductivo y deductivo	Exploratorio	Tipo de biodigestor que se adecue a las condiciones de la granja	Kg/semana de Materia orgánica y disposición final	Reconocimiento de la granja y charla con los dueños y trabajadores	Visita de campo, bitácora de campo, cámara	Obtener información clara y precisa a partir de las técnicas utilizadas para realizar el diagnóstico de la situación actual de la Granja.
					m ³ /día de agua, disponibilidad y manejo	Análisis de disponibilidad del recurso hídrico	Revisión bibliográfica, entrevista.	
					Nivel de conocimiento de la población (Cualitativo)	Análisis del conocimiento que tiene la población acerca de las energías alternativas, biodigestores y como es su	Encuesta sistematizada	

						relación frente a la Granja		
					#Asociaciones oficiales / Total, #Asociaciones privadas / Total (Cualitativo)	Análisis de las asociaciones oficiales y privadas en Boyacá	Revisión bibliográfica	
					KW mes de energía eléctrica utilizada por galpón y disponibilidad	Análisis de costos de energía	Revisión bibliográfica, entrevista y recibos del servicio	
					COP/ mes de cada una de las variables anteriormente mencionadas	Entrevistas	Por medio de documentos aportados por los dueños	

(Autores, 2021)

11.2 Objetivo 2

Evaluar alternativas de tipos de biodigestor de acuerdo a indicadores sociales, ecológicos y económicos de la zona bajo estudio

En el segundo objetivo se tiene como método el analítico – deductivo debido a que en este se van a evaluar las alternativas para el diseño del posible biodigestor, para esto se tiene un diseño mixto a lo largo de este objetivo frente a lo cualitativo debido a que se toma como base documentos con diseños y diferentes tipos de biodigestores que servirán para evaluar las alternativas del diseño del mismo para la zona anteriormente mencionada. También se le dará paso a la investigación de documentos con los cuales se pueda tener una línea para generar un costo aproximado de lo que se debería tener en cuenta para la construcción del mismo, esto último abre paso al método cuantitativo ya que al realizar un costo aproximado del biodigestor se evalúa la alternativa de hacerlo a escala mayor ya que será de ayuda para la granja; también se formulan entrevistas a la población para saber el conocimiento que tiene acerca de los biodigestores y la aceptación que tendría la población para el mismo.

El alcance de este objetivo es correlacional y descriptivo, en el primero se debe porque se van a relacionar diferentes alternativas evidenciando en cada una de ellas los aspectos social, económico y ambiental; y frente a lo descriptivo este alcance se debe por la aplicación de varios conceptos y métodos con el fin de llegar a una alternativa acorde la cual será descrita la razón de su viabilidad.

La unidad de análisis en este objetivo es el tipo de biodigestor, como se mencionó anteriormente y este depende de cada una de las alternativas en los aspectos social, económico y ambiental con el fin de escoger un biodigestor viable y que se ajuste a la zona de estudio y a su proceso productivo, en cuanto a la muestra de población solo será con la gente convive dentro y alrededor de la zona en mención en especial con los dueños de la granja. Las variables de análisis del segundo objetivo son específicamente características biogeoquímicas de la materia orgánica, agua, energía, asistencia técnica, educación por parte de la población, organizaciones oficiales, bases y costos, los indicadores de estas variables son:

- Kg / semana de Materia orgánica
- Fuente, manejo que se le da al recurso hídrico y m³ / día de agua
- Fuente y KW mes de energía eléctrica utilizada por galpón
- COP / mes de cada una de las variables anteriormente mencionadas

La técnica principal es el análisis de alternativas para escoger el mejor modelo de biodigestor para la granja, entre las técnicas se encuentra la medida aforos en cuanto a conteos de gallinaza, recibos de los recursos pertinentes, visitas técnicas de manera constante a la granja, y una matriz con cada uno de los modelos seleccionados con criterio específicos para la de acuerdo con variables ecológicas, técnicas, sociales y económicas, el cual se presenta a continuación:

Tabla 5. Matriz de alternativas de biodigestores

Variables	Criterios	Tipos de Biodigestor			
		Chino	Indiano	Horizontal	Batch
Ecológico	Gasómetro				
	Consumo de agua				
	Tiempo de retención				
	Bio abono				
	Eficiencia				
	Continuo o discontinuo				
	Codigestión y digestión				
	Propósito				
Social	Salud o riesgo				
	Asistencia técnica				
	Complejidad del sistema				
Económico	Vida útil				
	Instalación				
	Costos de instalación				
	Costo de mantenimiento				
Total					
Resultado					

(Autores,2021)

Con respecto al resultado y de acuerdo con la referencia bibliográfica encontrada para cada biodigestor, se comparó con respecto a tres variables ecológica, social y económica frente a una serie de criterios como se evidencia en la tabla 3, esto con el fin de escoger el que más se adapta a las condiciones y presupuesto de la granja, posteriormente se muestra el puntaje asignado para evaluar cada criterio frente al tipo de biodigestor con respecto a las variables mencionadas, al final se tomó el biodigestor con mayor puntaje.

Tabla 6. Criterios de resultado matriz de alternativas de biodigestores

3	<u>Óptimo</u>
2	<u>Medianamente optimo</u>
1	Menos optimo

(Autores,2021)

En cuanto a los instrumentos se debe contar con una balanza o datos concisos de la cantidad de gallinaza, protocolos de bioseguridad, bitácora de registro, elementos de protección y muestra de gallinaza, documentos aportados por parte de los dueños, calculadora, Excel y revisión bibliográfica acerca de los tipos de biodigestor para la realización de la matriz que se evidencia en la tabla 7.

Como modelo argumentativo, este objetivo nos permitirá conocer el biodigestor que se debe implementar en la Granja para que cumpla con las necesidades energéticas que se presentan en la misma y no afecte ni la parte social y ambiental y aporte en la económica.

Finalmente, como producto final de este objetivo se realiza el diseño del biodigestor el cual se encuentra en la imagen 24.

Tabla 7. Metodología para el desarrollo del segundo objetivo

Objetivo	Enfoque	Método	Alcance	Unidad de análisis	Variables	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Evaluar alternativas de tipos de biodigestor de acuerdo a indicadores sociales, ecológicos y económicos de la zona bajo estudio	Mixto	Analítico y deductivo	Correlacional descriptivo	Análisis de alternativas tipo de biodigestor	Kg/ Semana de Materia orgánica	Reconocimiento de la granja y charla con los dueños y trabajadores	Visita de campo, bitácora de campo, cámara	Obtener información clara y precisa a partir de las técnicas utilizadas para realizar el diagnóstico de la situación actual de la Granja.
					m ³ / Día de agua, disponibilidad y manejo	Análisis de disponibilidad del recurso hídrico	Revisión bibliográfica, entrevista.	
					KW mes de energía eléctrica utilizada por galpón	Análisis de costos de energía	Revisión bibliográfica, entrevista y recibos del servicio	
					COP/ Mes de cada una de las variables anteriormente mencionadas	Entrevistas	Por medio de documentos aportados por los dueños	

(Autores, 2021)

11.3 Objetivo 3

Establecer lineamientos técnicos, económicos y sociales para la implementación del modelo de biodigestor pertinente.

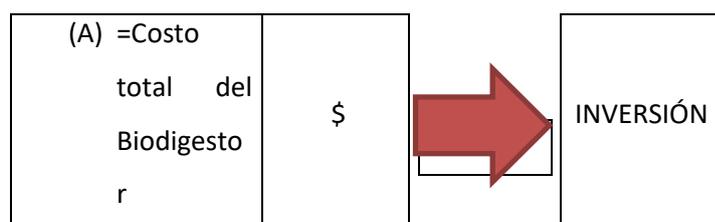
El tercer objetivo tiene un *método analógico* ya que se hará un acompañamiento y una comparación en cuanto a la reducción de costos por el pago de servicios energéticos a la cual se quiere llegar en la granja teniendo en cuenta la normatividad presente para la viabilidad de la implementación del biodigestor, no obstante, también se muestra la ganancia y la tasa de retorno de la inversión en el momento que se decida implementar el dispositivo en la granja.

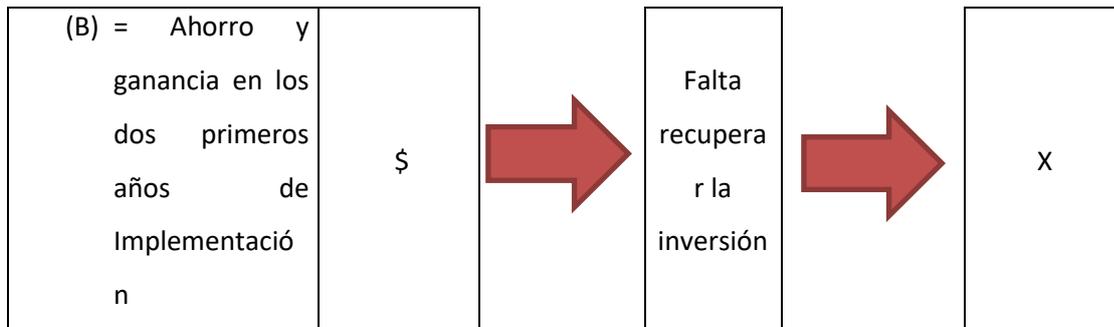
Tabla 8. Flujo de caja Granja la Carolina

Flujo de caja Granja la Carolina													
Variable	Meses año 2021												TOTAL, AÑO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Costo energético mensual por cilindro de gas	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Biogás	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Bioabono por paca de 40 kilos	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$

Se aproxima la venta de mínimo 10 paca por mes

(Autores, 2021)





PR: PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

$$X = \frac{B * I}{A}$$

$$PR = 1 + X = \text{AÑOS}$$

(Autores, 2021)

Para este objetivo se tiene un **diseño cuantitativo** ya que será netamente de costos y la reducción a la que se ve expuesta la granja con la implementación de un biodigestor que suple las necesidades energéticas de la finca y le da una buena disposición a la materia orgánica que se genera en la misma.

El **alcance** que se da es **descriptivo** debido a que se hará una breve descripción del estado actual de la granja vs el estado mejorado con el biodigestor en cuanto a costos ya que se generará una economía circular la cual va a favorecer el proceso y a sus dueños, no obstante, también tendrá gran impacto en la población esta nueva tecnología.

La **unidad de análisis** es el tipo de biodigestor de la finca y la reducción de costos en el proceso industrial agrícola.

Las **variables** de análisis de este último objetivo son energía, costos, asistencia técnica, los **indicadores** de estas variables son:

- Fuente y KW mes de energía utilizada por galpón
- COP / mes de cada una de las variables anteriormente mencionadas
- #asociaciones oficiales / total, #asociaciones privadas / total

Las **técnicas** utilizadas son, especificaciones técnicas, estimación de costos y análisis del componente social requerido, aforo de la energía que supliría el biodigestor y eficacia de este, valores de costos de energía actual comparada con la implementación del biodigestor ya que este servicio eléctrico quedaría a un lado, en cuanto a la asistencia técnica serían las asociaciones que nos pueden colaborar durante todo el proceso para sacar el proyecto de manera satisfactoria.

Se debe contar con **instrumentos** como la recolección de datos a lo largo del proceso, bitácora de campo, recibos de electricidad, y documentación de asociaciones dispuestas ayudar con la implementación del proyecto ecológico.

El **modelo argumentativo** de este objetivo permite evaluar la efectividad de la implementación del biodigestor en la zona de estudio y los beneficios que esta traería frente a todo el proceso productivo de la misma en cuanto a la disminución económica que se enfrenta y al buen manejo de residuos orgánicos que presentaría con lo cual la granja entraría a mercados más competitivos.

Tabla 9. Metodología para el desarrollo del tercer objetivo

Objetivo	Enfoque	Método	Alcance	Unidad de análisis	VARIABLES	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Establecer lineamientos técnicos, económicos y	Cuantitativo	Analógico	Descriptivo	Tipo de biodigestor de la finca y la reducción de costos en el proceso industrial agrícola	KW mes de energía eléctrica utilizada por galpón	Análisis de costos de energía	Revisión bibliográfica, entrevista y recibos del servicio	Ahorro en costos por la implementación del biodigestor
					COP/ Mes de cada una de las variables	Entrevistas	Por medio de documentos	

sociales para la implementación del modelo de biodigestor pertinente.					anteriormente mencionadas		aportados por los dueños	en la granja la Carolina, tasa de retorno de inversión y ganancia.
					#Asociaciones oficiales / Total, #Asociaciones privadas / Total (Cualitativo)	Análisis de las asociaciones oficiales y privadas en Boyacá	Revisión bibliográfica	

(Autores,2021)

12. Plan de trabajo

Se desarrolló el siguiente plan de trabajo, esto con el fin de establecer una correcta planeación para la cumplimiento del estudio, el plan de trabajo se encuentra dividido en tres fases las cuales de relacionan y van seguidas una de la otra, en la primera fase se encuentra la identificación de la problemática y la zona de estudio, en la segunda base se encuentra el análisis de alternativas para escoger el biodigestor y por último la fase tres donde se puede apreciar la gestión ambiental y los costos, para la realización de cada una de estas fases se tuvo en cuenta los objetivos específicos, como se muestra a continuación.

Tabla 10. Plan de trabajo

Fase I: Identificación de problemática y zona de estudio	Fase II: Análisis de alternativas para escoger biodigestor efectivo	Fase III: Gestión ambiental y de costos
<ul style="list-style-type: none"> -Características de la zona de estudio. -Actividad económica de la Granja. -Servicios ambientales de la zona de estudio. -Número de galpones existentes. -Disponibilidad y fuentes de agua – energía. -Costos de energía actual en la finca. -Revisión bibliográfica. -Percepción de la comunidad 	<ul style="list-style-type: none"> -Mesas de trabajo. -Entrevistas con la población. -Manejo del recurso hídrico y eléctrico, -Revisión bibliográfica. -Resultados de conocimiento de la población -Asociaciones oficiales y privadas dentro del municipio. - Matriz de análisis de costos. -Matriz de alternativas sociales y ambientales. - Diseño de biodigestor adecuado para la granja. 	<ul style="list-style-type: none"> -Formulación de propuesta de implementación de Biodigestor a escala con gestión ambiental y cosas positivas que se adicionaran a la empresa. - Matriz económica de ahorro en costos energéticos VS. gastos energéticos actuales. -Viabilidad del proyecto. -Documento con análisis de resultados. -Presentación de trabajo ante la Universidad y dueños de la empresa en donde se desarrolló el proyecto.

CONSTANTE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

RESULTADOS

1.Reconocimiento del territorio y la zona de estudio.	1.Entrevistas y mesas de diálogo con la población, conocimiento de la misma.	1.En base al arduo trabajo a lo largo de la investigación se hará la propuesta del diseño de un biodigestor que suplirá la demanda energética de la Granja la Carolina, vereda Kiwua, Garagoa – Boyacá.
2.Percepción de la comunidad frente a energías sustentables.	2.Características de la materia orgánica obtenida	
3.Conocimiento de problemáticas existentes en la zona de estudio por la actividad realizada.	2.Asociaciones oficiales y privadas que pueden dar apoyo al proyecto.	
	3.Matriz de análisis de costos.	
	4.Matriz de alternativas sociales y ambientales.	
	5.Diseño de biodigestor adecuado para la granja.	

(Autores, 2021)

13 Aspectos Éticos

En el presente proyecto de investigación no es necesario realizar la evaluación por parte del comité de ética, debido a que se basa en el diseño de un biodigestor para la producción de biogás en granja avícola, estudio de caso granja la carolina vereda Kiwua, Garagoa, Boyacá, por lo cual existen pruebas en animales ni de laboratorio que puedan afectar la flora, fauna o la vida humana, no obstante, se realizaron visitas en la vereda para las encuestas y se entrevistó a los trabajadores de la granja, las personas entrevistadas contaban con pleno consentimiento informado de las entrevistas y para los fines que sería utilizada la información brindada.

14. Resultados

14.1 Resultados Objetivo específico 1:

Con base en la tabla planteada en la metodología del objetivo 1, se presentan los resultados obtenidos en el diagnóstico que se realizó en la Granja, los cuales se describen de manera detallada a continuación.

Tabla 11. Tabla diagnóstico estado actual granja

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador	Técnica	Instrumentos
	Gallinaza (Materia orgánica)	Producción	16800 Kg/mes	Aforo o conteo de la gallinaza	Camión, balanza, bitácora de registro de la cantidad de gallinaza
		Tipo de Manejo	400 lonas aprox de 40 a 45 kg	Se realiza una recolección en el centro del galpón a esto se le agrega una cantidad de agua a temperatura ambiente necesaria para empezar a generar una descomposición aproximadamente de 5 días luego es empacada en pacas para la venta	Utilización de 400 pacas de gallinaza, al pasar dos meses es recolectada en lonas aproximadamente, se vende el 60 % con un costo de (\$ 8000 COP) ocho mil pesos el resto es utilizado como abono para los cultivos de la granja, desperdiciada o regalada algún recolector; esto ha generado malos olores y puede llegar a generar lixiviados que afecten el acueducto veredal.

Ecológica	Agua	Manejo actual	No se le da un buen manejo ya que la granja se abastece de un acueducto veredal en el cual no hay restricciones ni se lleva la contabilidad de la misma	Observación, vista técnica, entrevistas	Bitácora de registro, guion de las encuestas y elementos pertinentes para la visita
		Disponibilidad	Acueducto veredal	Encuestas y documentos	Bitácora de registro, guion de las encuestas y documentos aportados por parte de los dueños
		Consumo	No hay registro	Aforo del consumo y recibos de la finca	Bitácora de registro, guion de las encuestas, calculadora o Excel, recibos aportados por parte de los dueños
	Gas Asistencia Técnica	Disponibilidad	Fuente	Encuestas y documentos	Bitácora de registro, guion de las encuestas y documentos aportados por parte de los dueños
		Consumo	300 m ³ / mes	Aforo del consumo y recibos de la finca	Bitácora de registro, guion de las encuestas, calculadora o Excel, recibos aportados por parte de los dueños
	Educación	Conocimiento de biodigestores	Nivel de conocimiento de la población	Encuesta	Cuestionario y bitácora de registro
Organización	Asociaciones	#Asociaciones	Encuestas	Guión para las	

Social	de base		oficiales / total #Asociaciones privadas / total		encuestas y bitácora de registro
	Asistencia técnica	Contenidos técnicos	Ninguno	Encuestas y revisión bibliográfica	Guión para las encuestas y bitácora de registro
Económico	Costos	Gallinaza (Materia orgánica)	\$696.000 COP/mes	Análisis de información	Contabilidad mensual y bitácora de registro
		Agua	\$25.000 COP / mes		Recibo Mensual y bitácora de registro
		Gas	\$288.000 COP /mes c		Recibo Mensual y bitácora de registro

(Autores, 2021)

Con respecto al diagnóstico realizado en la zona de estudio se puede determinar que Garagoa y especialmente la vereda la Kiwua es una zona en la cual hay una alta presencia de población campesina, es una zona que se presta para el manejo de actividades ganaderas y avícolas, es una zona arbórea, uno de los principales servicios ecosistémicos en esta vereda es el hidrológico con la Quebrada los Aposentos de la cual varias casas aledañas se abastecen.

De acuerdo a la dimensión ecológica se pudo determinar que la granja cuenta con un producto final muy grande ya que mensualmente recolecta 16800 kg de gallinaza, la cual, no cuenta con buen manejo o disposición final; esto causa problemas ambientales y en la calidad de vida de las personas. Se evidencio que el tipo de manejo que se da actualmente a este tipo de residuos se centra en realizar una recolección en el centro del galpón y agregar agua a temperatura ambiente, esto con el fin de generar la descomposición de la misma. Posterior a esto se empaca en diferentes embalajes los cuales se dejan en una bodega para que continúe con su ciclo de descomposición. De acuerdo a lo conocido por parte de los trabajadores al transcurrir dos meses se tienen alrededor de 400 pacas de gallinaza de la cual se vende aproximadamente el 60 % lo cual es un promedio de 10 pacas al mes por un costo de (\$8.000 COP) ocho mil pesos. La gallinaza sobrante puede tener tres diferentes usos; el primero de ellos es la utilización de esta como abono para los cultivos de la granja, el segundo es que se desperdicia como residuo ordinario o finalmente se regala a los recolectores de la bodega. Cada uno de los tipos de usos descritos anteriormente genera olores ofensivos dispuestos en la Resolución 1541 de 2013, por

la cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2013); actualmente estos olores están afectando la calidad de vida de la comunidad, además de la eutrofización del suelo por la sobrecarga de nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo y afección a los cuerpos de agua veredal y de la quebrada Aposentos de la cual se abastece la población de la vereda.

El recurso hídrico en la Vereda Kiwua no cuenta con restricciones para la captación y/o consumo de este; por ende, la comunidad y en este caso en específico la granja no lleva un control de gasto del mismo, por lo cual, se puede decir que también existe un manejo inadecuado del mismo, sin resaltar la contaminación que se genera por la gallinaza en la quebrada. La disponibilidad del recurso energético o gas en la vereda es precaria ya que este se da por medio de la compra de gas, cada barril de 300 m³ / mes tiene un costo aproximado de ciento ochenta mil pesos (\$180.000 COP), con este servicio se abastece el recurso energético que requiere la granja para el galpón de gestación y las diferentes áreas de la misma, es un costo elevado.

En el aspecto sociocultural del municipio este se caracteriza por la predominancia del 78% en casa tipo vivienda rural, en promedio la densidad poblacional del municipio es de 3,6 habitantes por vivienda. Por otro lado, la tasa de analfabetismo rural para este municipio es alta con un 85%, lo cual impacta de manera directa su estilo de vida e ingresos, para el año 2005 y según datos del DANE el 90,2% de la población no sabía leer ni escribir. Sin embargo, el 56% de la población de 3 a 5 años asiste a un centro educativo formal, el 94,6% de la población de 6 a 10 años y el 83,7% de la población de 11 a 17 años muestra un incremento en la tasa de analfabetismo municipal a futuro, esto se refuerza con diferentes censos por parte del DANE en donde se reporta que el 6,8% de la población ha alcanzado el nivel básica primaria y el 25,3% secundaria; el 3,2% ha alcanzado el nivel profesional y el 1,5% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado..

Frente a necesidades básicas, el 96,3% del municipio tiene conexión a energía eléctrica, solo el 68,1% cuenta con alcantarillado, el 79,6% cuenta con acueducto, y finalmente el 37,9% cuenta con servicio de comunicaciones; sin embargo, no existen registros de cobertura de gas natural. Algo que debe mejorar de manera prioritaria es el aumento de las actividades económicas, ya que, aproximadamente y según el DANE en el 91% de los hogares registrados se evidencia que no se cuenta con una actividad económica reglamentada y formal que les

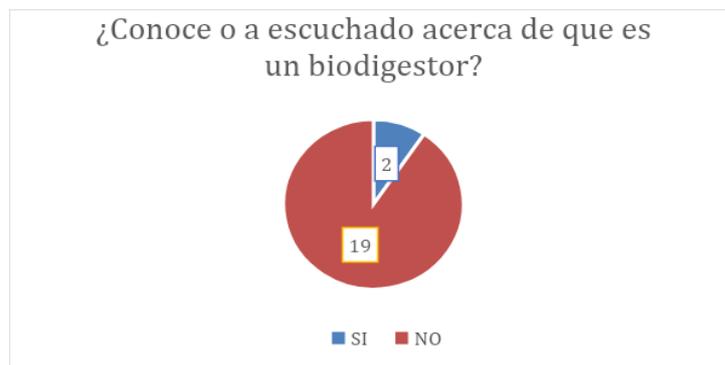
garantice a las personas prestaciones constantes. Sin embargo, el municipio, cuenta con predominancia en actividades agropecuarias en donde el 96% de las viviendas cuenta con este tipo de actividad; y de este porcentaje el 95% cuenta con actividades pecuarias y el 84% con actividades agrícolas.

Este municipio es la capital de la provincia de Neira, lo que la vuelve uno de los centros económicos de la provincia (Fonseca Rodriguez *et al*, 2018); y es por esto que, la tecnificación de sus actividades económicas cobra una gran importancia no sólo a nivel puntual de la granja, sino a nivel local y regional.

Teniendo en cuenta esta contextualización, a continuación, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de una encuesta a la población ubicada en la vereda Kiwua, se pretende realizar abarcar de manera directa su percepción frente al tema relacionado a este trabajo de grado; con el fin de mostrar un desarrollo de la dimensión social mediante el desarrollo de una encuesta para 21 personas. La aplicación de esta encuesta arroja los siguientes resultados.

Pregunta 1: ¿Conoce o ha escuchado acerca de que es un biodigestor?

Figura 13. Resultado pregunta 1, encuesta



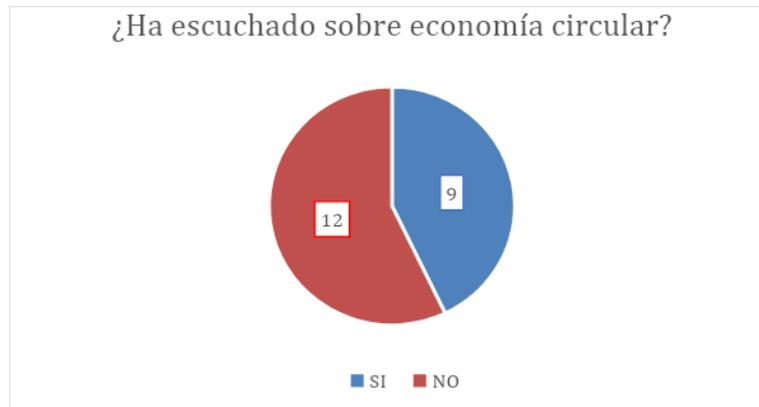
(Autores, 2021)

Con esta pregunta se logró determinar el conocimiento acerca de esta tecnología en la vereda la Kiwua, los datos arrojados de los encuestados dan una clara visión que los habitantes no cuentan con conocimiento acerca de estas tecnologías ni las han visto en la región, lo cual, refuerza los datos obtenidos frente a la formación académica típica en los habitantes del municipio encontrada en el DANE. Sin embargo, se realizó una breve retroalimentación a cada

uno de los encuestados acerca de que es un biodigestor y su función con el fin de dar a conocer de manera general la utilidad de este tipo de tecnologías.

Pregunta 2: ¿Ha escuchado sobre economía circular?

Figura 14. Resultado pregunta 2, encuesta



(Autores, 2021)

Teniendo en cuenta que este tema ha venido tomando fuerza bajo aspectos ambientales y económicos, se pretendía conocer si este concepto era claro para la población. Frente a esta pregunta se pudo inferir y por las respuestas que dio la población de estudio que la comunidad ha escuchado sobre la economía circular pero no cuenta con una buena definición de la misma, la mayoría ha escuchado de este término en charlas o por televisión, pero no cuentan con un amplio conocimiento acerca de este.

Pregunta 3: ¿Le gustaría saber más sobre el tema?

Figura 15. Resultado pregunta 3, encuesta

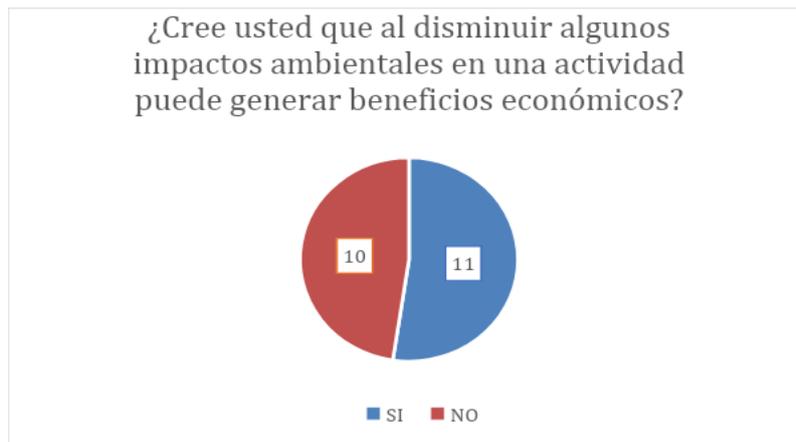


(Autores, 2021)

Este resultado da muestra que la comunidad cuenta con la disposición para aprender sobre este tema y por supuesto temas ambientales, según las respuestas recolectada indican que sería de gran utilidad para la vereda, por lo cual es pertinente que la alcaldía genere estas mesas de diálogo las cuales pueden aportar a las actividades económicas que se dan en la zona.

Pregunta 4: ¿Cree usted que al disminuir algunos impactos ambientales en una actividad puede generar beneficios económicos?

Figura 16. Resultado pregunta 4, encuesta



(Autores, 2021)

Con respecto a esta pregunta la comunidad tiene un conocimiento parcial acerca de los incentivos ambientales que se podrían generar si existiese una disminución en los impactos ambientales en una empresa, se infiere que el conocimiento en esta índole es muy bajo. Sin embargo, parte de la comunidad en una ligera mayoría a pesar de no conocer estos posibles beneficios, consideran que se podrían generar estos beneficios económicos, en una manera general.

Pregunta 5: ¿Considera que es necesario implementar este tipo de estrategias?

Figura 17. Resultado pregunta 5, encuesta



(Autores, 2021)

Una vez planteada la pregunta anterior se buscó conocer parte del conocimiento por parte de la comunidad, la relevancia de este tipo de estrategias para la misma; en donde se evidenció una relación directa entre las respuestas de la pregunta anterior y esta. La comunidad que respondió sí concordó que sería bueno la implementación de estas estrategias ya que ayudarían al ecosistema de la vereda el cual está gravemente afectado por las actividades económicas que se generan allí

Pregunta 6: ¿Ha sentido malos olores producidos por la Granja?

Figura 18. Resultado pregunta 6, encuesta



(Autores, 2021)

En este punto fue necesario trabajar un lenguaje amigable y respetuoso con la comunidad, ya que, el concepto de olor ofensivo no es común para ellos, es por eso que se adopta el concepto de malos olores. Se resalta que la comunidad encuestada concuerda con su respuesta, dicen que el mal olor es muy fuerte en especial los días que hace sol debido al aumento de la humedad y en horas donde el funcionamiento de la granja es mayor a lo que muchos llamaron (horas pico), para algunos suele ser irritante, otros dicen que ya se acostumbraron, esto muestra un punto de vista de principal interés, pues a pesar de estar acostumbrados estos olores ofensivos tienen consecuencias directas en la calidad del aire que respiran.

Pregunta 7: ¿Se ha incrementado la presencia de vectores desde que está la empresa avícola en la vereda?

Figura 19. Resultado pregunta 7, encuesta



(Autores, 2021)

De la figura 15 se puede evidenciar que más del 90% de las personas encuestadas indican que desde que está la granja hay una alta presencia de roedores, moscas y cucarachas (vectores), indican que no saben si es por la granja o por la gestión de residuos municipal, pero sí recuerdan o hacen memoria que desde que llegó la granja se ha evidenciado un gran aumento.

Pregunta 8: ¿Siente aumento en la cantidad de polvo o material particulado?

Figura 20. Resultado pregunta 8, encuesta



(Autores, 2021)

El 77% de la comunidad (la cuál es aledaña a la granja), indica que en su casa si se ha generado un aumento de material particulado o polvo como se llamó coloquialmente desde que llegó la granja, no saben si es por la actividad o el motivo de la misma, pero dicen que si hay una alta cantidad de polvo; lo cual ´para nosotros muestra un factor adicional a la afectación de su calidad del aire.

Pregunta 9: ¿Conoce alguna entidad ambiental que trabaje aspectos ambientales en el municipio?

Figura 21. Resultado pregunta 9, encuesta

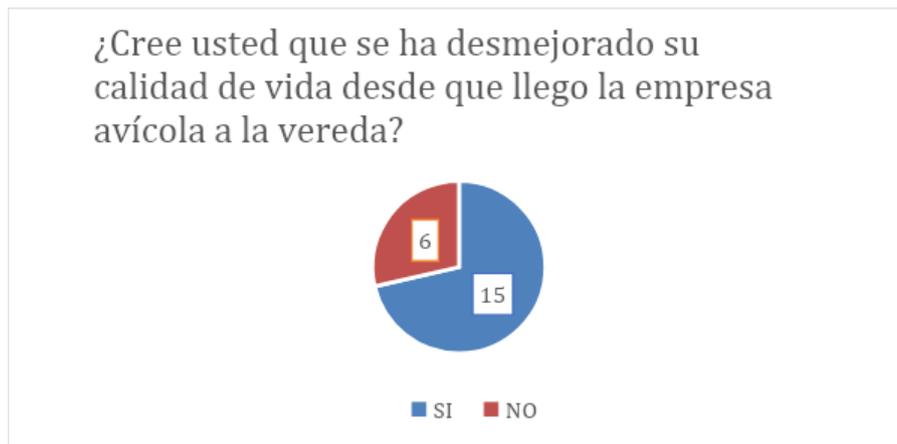


(Autores, 2021)

En la vereda hay una gran desinformación acerca de las entidades ambientales, la gente argumenta que tal vez este desconocimiento se da porque no hay presencia de la misma en la vereda, la gente que argumenta que si conocen entidades informan que las conocen por algunas noticias, pero no saben más información.

Pregunta 10: ¿Cree usted que se ha desmejorado su calidad de vida desde que llegó la empresa avícola a la vereda?

Figura 22. Resultado pregunta 10, encuesta



(Autores, 2021)

De la figura 22 se puede evidenciar que más del 70% de los encuestados tuvieron en cuenta que su calidad de vida ha disminuido de manera directa por la granja. A pesar de que esta comunidad vive al lado de esta granja y encuentra empleo en ella, y con esto ha generado estabilidad laboral para sí mismo y su familia, consideran que los factores ambientales como contaminación atmosférica, hídrica y proliferación de vectores; tienen una mayor relevancia en su calidad de vida comparado con el aspecto económico laboral. Sin embargo, actualmente no existen acciones frente a esto, los trabajadores se han acostumbrado a ese estilo de vida e impactos ambientales derivados por las actividades que generan ingresos económicos para esta población.

Siguiendo este orden de ideas, según Fonseca Rodríguez *et al* (2018), “Sus habitantes se dedican principalmente a la producción agrícola y ganadera, empleando tecnologías limpias y sostenibles en las treinta veredas del municipio bajo la asesoría y capacitación de proyectos de la alcaldía en asistencia técnica agropecuaria el ICA”. Se encuentra una incongruencia, ya que, a través de las encuestas realizadas, es evidente que no hay una asistencia técnica importante,

puesto que la mayoría de los encuestados (superior al 90%) no las conoce, en principio, qué es un biodigestor (figura 13), pese a que el 100% se encuentran interesados en conocer más respecto al tema (figura 15).

Ahora bien, respecto a la actividad avícola del municipio, estos mismos autores afirman que “La cría de aves de corral se puede considerar como propia de las familias campesinas, utilizada para el consumo doméstico y para proveer los mercados urbanos”. Este no es el caso de La Carolina, pues es claro que cuenta con una fuerza suficiente para salir de este estándar. Tal como se abordó en el planteamiento del problema, La Carolina cría aproximadamente 50.000 gallinas las cuales se encuentran distribuidas en seis galpones de 60 metros de largo por 15 metros de ancho, su actividad es a gran escala, dada la experiencia y tamaño de la granja, resulta alarmante el poco conocimiento evidenciado en temas de esta índole, por ejemplo, economía circular (figura 14). Adicionalmente, según lo observado durante las visitas técnicas a la granja, aunque sí se observa cierto nivel de tecnificación, en general se evidencia que los métodos y procesos son esencialmente artesanales, como se muestra en las figuras 23 y 24

Figura 23. Galpón 6, en el que se crían las pollitas.



(Autores, 2021)

Figura 24. Interior del galpón 6 con sus respectivas lámparas.



(Autores, 2021)

Por otro lado, en la zona sí se tiene conocimiento de las problemáticas generadas por la industria avícola, particularmente en lo relacionado con la materia orgánica (gallinaza), pero también se conoce que es su única fuente de ingreso, así que le tienden a restar relevancia a estas problemáticas. En la explicación posterior a la aplicación de la encuesta sobre los temas mencionados y sus beneficios a su calidad de vida y a los ecosistemas, fue posible observar que la percepción de las personas respecto a estas nuevas alternativas tiende a ser negativa, pues se piensa que implementarlas podría acabar con sus empleos. Tras compartir la información completa, los encuestados se mostraron mucho más abiertos y dispuestos a apoyar un proyecto como este si llegase a aplicarse en el municipio, gracias a los amplios beneficios económicos y ambientales.

14.2 Resultados objetivo específico 2:

El método utilizado para el presente diseño será el de la digestión anaerobia, debido a varias ventajas técnicas y económicas que tiene esta sobre la digestión aerobia, que la hacen más eficiente, tal como exponen Acosta & Obaya (2005):

(...) el hecho de no necesitar aireación y la generación de biogás, que se puede utilizar en la misma planta con finalidades energéticas, hacen que la digestión anaerobia resulte mucho más favorable económicamente, permitiendo en muchos casos la autonomía o autosuficiencia de las plantas de tratamiento.

(...)

En la digestión anaerobia más del 90 % de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10 % de la energía en el crecimiento bacteriano frente a un 50 % consumido en el proceso aerobio.

El funcionamiento de un biodigestor anaerobio “cuenta con dos partes fundamentales: la cámara de digestión o digestor propiamente dicho, donde los microorganismos como los hongos o los actinomicetos puesto que cuentan con gran capacidad de degradar la materia orgánica generando el biogás, y el gasómetro, donde se acumula el biogás generado” (Acosta & Obaya, 2005), con el fin de propiciar que sucedan las etapas sucesivas que culminan en la producción del biogás.

Tipos de biodigestores más usados en el medio rural:

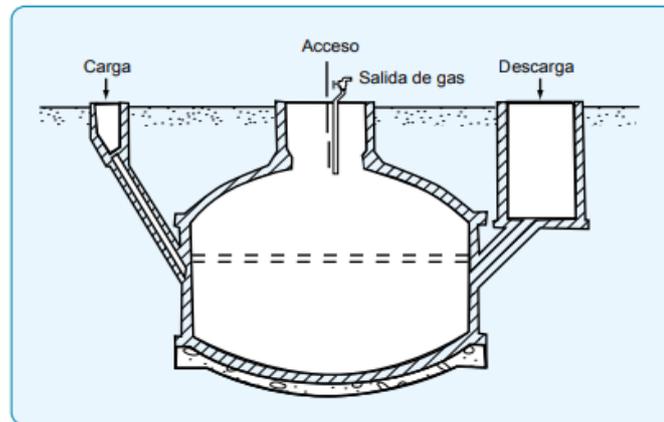
Con el objetivo de determinar la mejor opción sobre la cual fundamentar un diseño aplicable a la Granja La Carolina, se hizo una búsqueda y recopilación de información disponible sobre los diferentes tipos de biodigestores más comunes. Para esto, se tomó el Manual de Biogás presentado por la FAO (2011), puesto que se centra en los biodigestores aplicables al sector rural:

Modelo chino:

Los digestores de este tipo son tanques cilíndricos con el techo y el piso en forma de domo y se construyen totalmente enterrados. Al iniciar el proceso, el digestor se llena con residuos agrícolas compostados mezclados con lodos activos de otro digestor, a través de la cubierta

superior, que es removible. Una vez cargado así, es alimentado diariamente con los residuos que se encuentren disponibles, provenientes de la letrina y de los animales domésticos, a través del tubo de carga el cual llega a la parte media del digestor.

Figura 25. Modelo de biodigestor chino

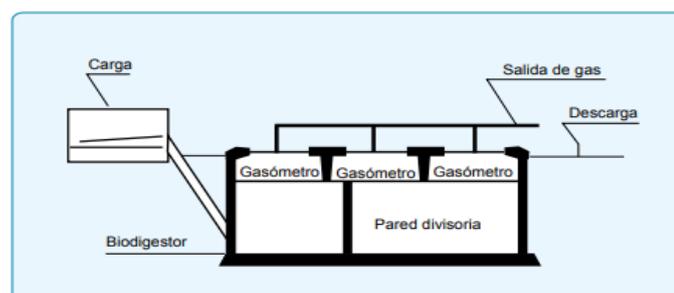


. (FAO, 2011).

Biodigestores horizontales:

Estos digestores se construyen generalmente enterrados, son poco profundos y alargados, semejando un canal, con relaciones de largo a ancho de 5:1 hasta 8:1 y sección transversal circular, cuadrada o en “V”. Se operan ingresando la carga por un extremo del digestor y saliendo los lodos por el extremo opuesto. La cúpula puede ser rígida o de algún material flexible que no presente fugas de gas y que resista las condiciones de la intemperie. Este tipo de digestores se recomiendan cuando se requiere trabajar con volúmenes mayores de 15 m³, para los cuales, la excavación de un pozo vertical comienza a resultar muy problemática.

Figura 26. Modelo de biodigestor horizontal.

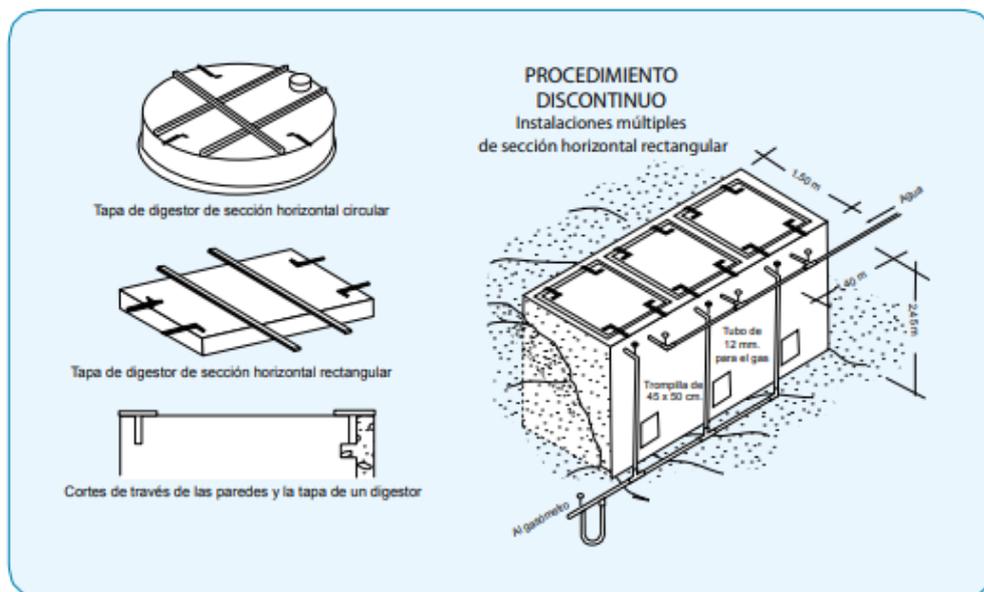


(FAO, 2011).

Digestor Batch

Este tipo de biodigestor consiste en una batería de tanques o depósitos herméticos (digestores) con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. El objetivo de disponer de más un digestor es tener siempre uno de ellos en carga o en descarga, mientras el resto se encuentra en producción de biogás. La alimentación o carga del digestor con la materia prima, sólida, seca, se realiza por lotes (discontinuamente) y la carga de los residuos estabilizados se efectúa una vez que ha finalizado la producción de biogás. Este sistema discontinuo es aplicable en situaciones particulares, como sería la de materias primas que presentan problemas de manejo en un sistema semicontinuo y continuo, o materiales difíciles de digerir metanogénica mente o cuando las materias primas a procesar, están disponibles en forma intermitente, como es el caso de los rastrojos de cosecha. Está destinado a pequeñas y grandes explotaciones agropecuarias, su uso a escala doméstica es poco práctico.

Figura 27. Modelo de biodigestor Batch.



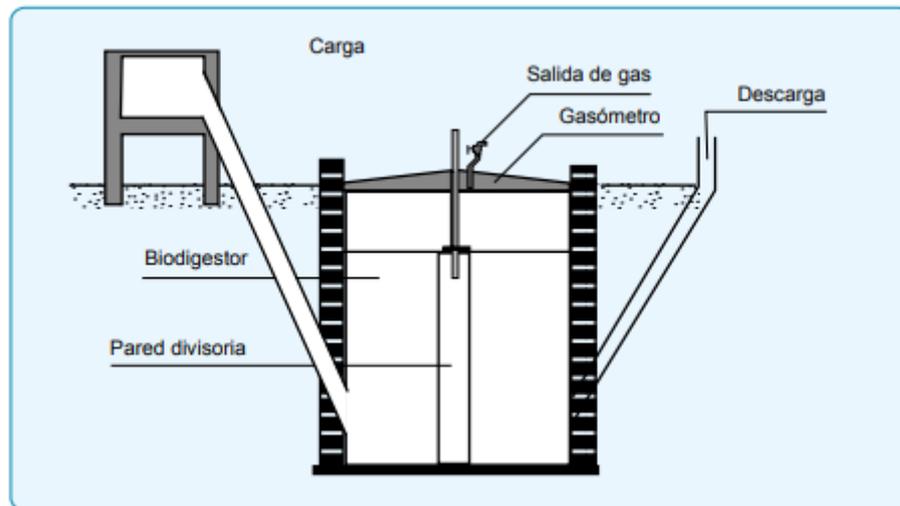
(FAO, 2011).

Modelo indiano:

Estos biodigestores en general son enterrados y verticales, similares a un pozo, se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación

o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás si se mantienen las condiciones de operación.

Figura 28. Modelo de biodigestor indiano



(FAO, 2011).

Dado que la principal intención del biodigestor es la generación de biogás, el modelo chino no resulta apropiado. Por otro lado, la producción mensual de gallinaza en la finca es convertida de aproximadamente 10,37 m³/mes, por lo que no es recomendable un modelo horizontal. Finalmente, el modelo Batch es más utilizado en momentos particulares, “como sería la de materias primas que presentan problemas de manejo en un sistema semicontinuo y continuo, o materiales difíciles de digerir metano o cuando las materias primas a procesar están disponibles en forma intermitente” (FAO, 2011), en este sentido tampoco se aplica a nuestro caso. Así que por estas razones nuestra recomendación es hacer uso de un biodigestor modelo indiano.

Entre los motivos con los que se respalda el modelo indiano o de campana flotante, se encuentra el hecho de que tiene una vida útil considerablemente larga, aproximadamente 20 años. Adicionalmente, “la presión del gas es constante y de fácil manejo ya que al tener una guía que le permita el movimiento vertical, su altura dependerá del volumen del gas almacenado, sin someterlo a compresión”. Así mismo, su uso es recomendado cuando se necesita un consumo continuo de gas y fertilizante (Hernández Ramírez & Ramírez Saavedra, 2019), como es preciso en este caso de estudio dado que comúnmente sobra una gran cantidad de heces que no están siendo aprovechadas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que se debe planear la carga

del biodigestor, puesto que debe llenarse diariamente, del mismo modo la obtención del gas para mantener homogénea la mezcla dentro del sistema.

Otros aspectos positivos a tener en cuenta de este diseño incluyen que los materiales de construcción más usuales son concretos o mampostería para la estructura y metal para la campana, siendo estos de fácil obtención y relativamente fácil manejo; en cuanto al mantenimiento, este debe ser periódico, especialmente la campana si esta es metálica (Hernández Ramírez & Ramírez Saavedra, 2019).

Se cargan de una vez en forma total, descargando cuando han dejado de producir biogás o la biomasa está suficientemente degradada. Consisten en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante donde se almacena el biogás, este sistema es aplicable cuando la materia a procesar está disponible en forma intermitente como en el caso de estudio por las rotaciones de los galpones. En este tipo de sistemas se usa una batería de digestores que se carga en diferentes tiempos para que la producción de biogás sea constante, también es ideal a nivel de laboratorio si se desean evaluar los parámetros del proceso o el comportamiento de un residuo orgánico o una mezcla de ellas. En la siguiente tabla se evidencian los criterios con los que se escogió el biodigestor pertinente y que se adecua a las características de la granja.

Tabla 12. Alternativas de biodigestores

Variables	Criterios	Tipos de Biodigestor			
		Chino	Indiano	Horizontal	Batch
Ecológico	Gasómetro	1	3	3	3
	Consumo de agua	1	2	1	3
	Tiempo de retención	2	3	1	1
	Bioabono	2	3	1	3
	Eficiencia	2	3	1	2
	Continuo o discontinuo	2	3	2	1
	Codigestión y digestión	2	3	2	3
	Propósito	3	3	1	3
Social	Salud o riesgo	1	2	2	3
	Asistencia técnica	1	2	3	3
	Complejidad del sistema	3	3	1	2
Económico	Vida útil	3	3	2	2
	Instalación	1	3	1	1
	Costos de instalación	3	2	3	2
	Costo de mantenimiento	2	3	2	2
Total		29	41	26	
Resultado		Menos óptimo	Óptimo	Menos óptimo	Medio óptimo

(Autores, 2021)

Diseño general del biodigestor:

El modelo indiano normalmente consta de un tanque vertical enterrado, similar a un pozo (Bernal Patiño & Suárez Ramírez, 2018). Considerando que la necesidad mensual de gas en la finca es de aproximadamente 300 m³ y que este modelo produce de 0,5 a 1 veces el volumen del digestor en biogás, los criterios del diseño seleccionado se presentan a continuación.

En primer lugar, hemos determinado calcular las dimensiones del biodigestor considerando una necesidad del 20% superior a la reportada, esto es 360 m³/mes; como el llenado de heces y vaciado de gas con este modelo debe ser diario, el volumen requerido con esta frecuencia es de aproximadamente 12 m³/día.

Se asume un promedio entre la menor y mayor capacidad de producción de biogás, esto es 0,75 veces el volumen del digestor, en este sentido, el volumen del digestor debe ser de 16 m³. Además, se debe conservar la verticalidad. Por lo tanto, se determinó que el diámetro será de 2,6 metros, y la profundidad de 3 metros. De esta forma

$$V_{dig} = \pi r^2 \times h$$
$$V_{dig} = \pi (1,3m)^2 \times 3m = 15,9 m^3$$

En términos de cantidad de gallinaza necesaria, considerando lo indicado por la FAO (2011), la gallinaza puede generar 0,08 m³ de biogás por cada kg húmedo de estiércol, tal como se muestra en la tabla 13.

$$Masa_{gall} = 12 \frac{m^3}{día} \times \frac{1 kg}{0,08 m^3} = 150 \frac{kg}{día} \times \frac{30 día}{1 mes} = 4500 \frac{kg}{mes}$$

Tabla 13. Producción de biogás por tipo de residuo animal

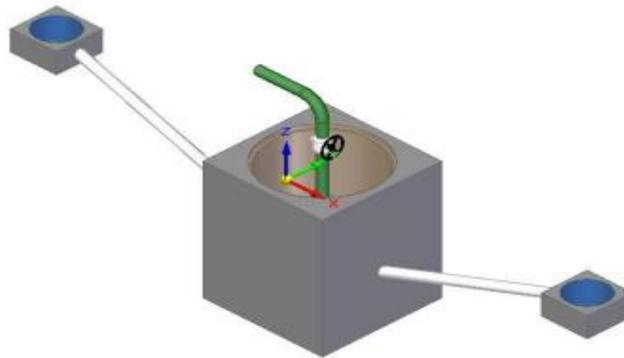
Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m ³ /kg húmedo	m ³ /día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

(FAO, 2011)

Así, se determina que se requieren 4500 kg de gallinaza al mes para suplir la necesidad de gas de la finca, lo cual es más que suficiente, considerando que la producción de este elemento es de 16800 kg/mes. En otras palabras, se requiere el 26,79% de la gallinaza disponible. Además, se indica que diariamente se deben adicionar 150 kg de gallinaza al sistema.

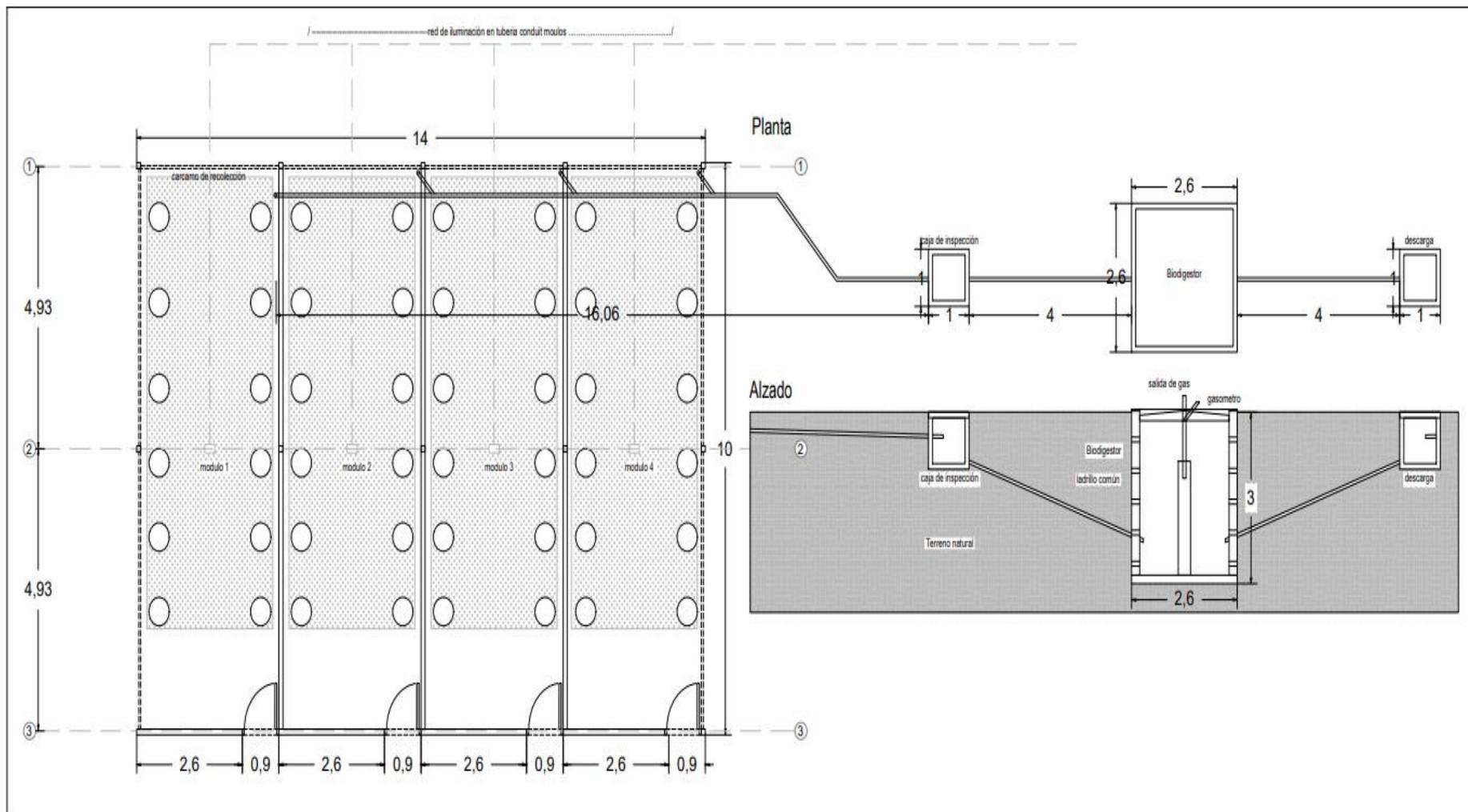
Con las dimensiones obtenidas se procede a realizar el correspondiente diseño del biodigestor tipo indiano para producción de gas para el sostenimiento de pollitas de 1 semana, éste será capaz de abastecer las 4 lámparas de gas que mantendrán una temperatura constante de entre 26 °C a 30 °C, como se muestra a continuación.

Figura 29. Diseño 3D Biodigestor Granja Caracolito



(Autores, 2021)

Figura 30. Diseño de Biodigestor



(Autores, 2021)

14.3 Resultados objetivo específico 3

Posterior al diseño del biodigestor se procede a establecer los lineamientos técnicos, económicos y sociales; las lámparas están ubicadas uniformemente en la parte central del galpón. Para esto, ya existe una red de mangueras (ver figura 32), que son alimentadas por las pipetas de gas propano mencionadas anteriormente, a través de una red de 35 metros de manguera que cuenta con 4 conexiones, cada lámpara con su registro independiente, en caso de ser necesario mantenimiento.

Teniendo esto claro, la disposición del biodigestor se entiende en tres etapas generales, así: En primer lugar, se dispone una caja de inspección o carga, en la que se agrega la gallinaza para alimentar el biodigestor, que es la segunda etapa del sistema, a través de una tubería. Finalmente, una vez empieza a rebosar el excedente de la gallinaza (abono), este pasa a través de una tubería a la caja de descarga. Las dos cajas (etapas 1 y 3), estarán construidas en bloque de cemento gris de construcción. Sin embargo, dado que este material tiene cierto grado de permeabilidad, es necesario utilizar un impermeabilizante después de su colocación (Cemex, 2014), pues estas construcciones no deben presentar ningún tipo de fuga. A continuación, se mencionan las especificaciones de cada etapa, empezando por la necesidad de una base para soportar el sistema.

Como se mencionó anteriormente, la primera etapa del sistema consiste en una caja de inspección o carga, que será elaborada en cemento gris impermeabilizado y bloque, para lo que se estiman 500 bloques, para un volumen de 1 m^3 (ver figura 31). Adicionalmente, se requieren aproximadamente 5 bultos con su correspondiente mezcla de arena, lo que corresponde a 45 baldes (9 bultos) y de grava, 60 baldes (10 bultos). De esta caja sale un tubo de PVC de 8 pulgadas de diámetro por 3 metros de largo, tipo pesado, que la conecta con el biodigestor a un desnivel de aproximadamente dos metros de diferencia.

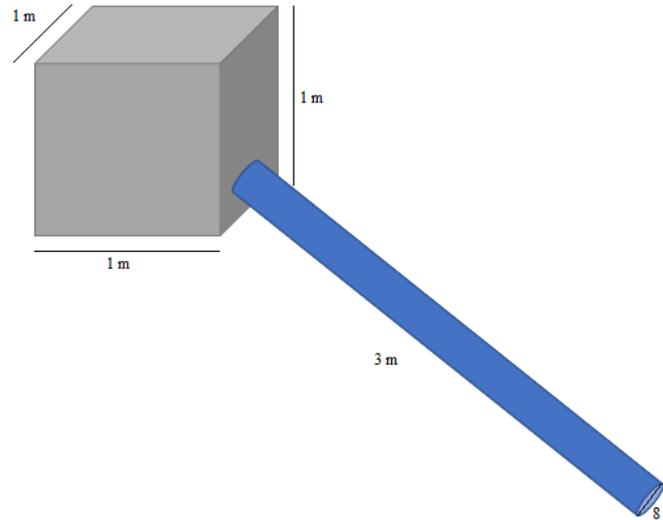


Figura 31. Diseño caja de inspección o carga

La segunda etapa es el biodigestor en sí mismo. Para su construcción, se aconseja contratar personal capacitado en el área de construcción, pues se requiere el uso de maquinaria pesada para poder realizar la perforación donde este será ubicado. Habiendo dicho esto, se empieza a especificar que el tanque del biodigestor será construido con concreto. Según las dimensiones esbozadas en el diseño general del biodigestor (ver figura 30), la cantidad de material requerido para la construcción del biodigestor se estima en 800 bloques y 8 bultos de cemento, 72 baldes de arena (14,5 bultos) y 96 baldes de gravilla (16 bultos). Esta construcción debe estar perfectamente sellada, no puede tener fugas que afecten su rendimiento. Para evitar cualquier fuga, se debe cubrir la estructura del biodigestor con una geomembrana de polietileno de alta densidad Hdpe, que evitará la presencia de poros o imperfecciones en el concreto generando algún escape el cual traiga consigo olores y pérdida de presión. Se selecciona este material, pues se considera con una durabilidad de 20 años, es útil para reducir los agentes contaminantes. Además, tiene una excelente resistencia al ataque de agentes químicos (Navarro Ochoa & Rivera Maldonado, 2020; Durman, 2011).

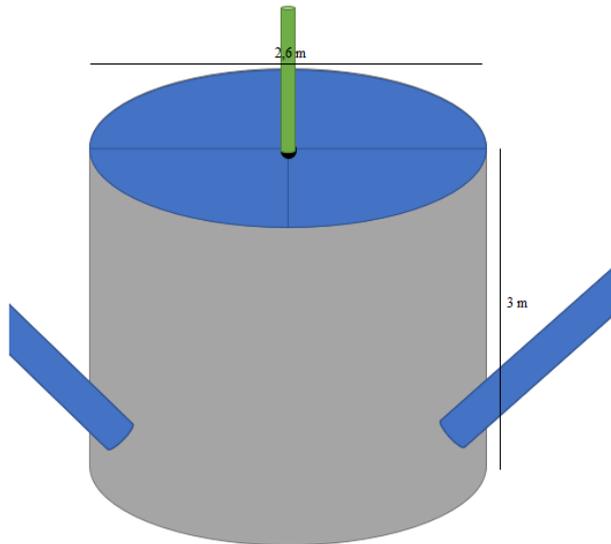


Figura 32. Diseño del biodigestor

Por otro lado, la campana del biodigestor, donde se acumulará el biogás, será construido en acero, que además se recomienda recubrir con pintura anticorrosiva, y contará con un sistema de válvulas, válvula de alivio (construidas en acero inoxidable o PVC) (Corona Zúñiga, 2007), medidor de presión y conexión de mangueras, que surtirán las lámparas de calefacción.

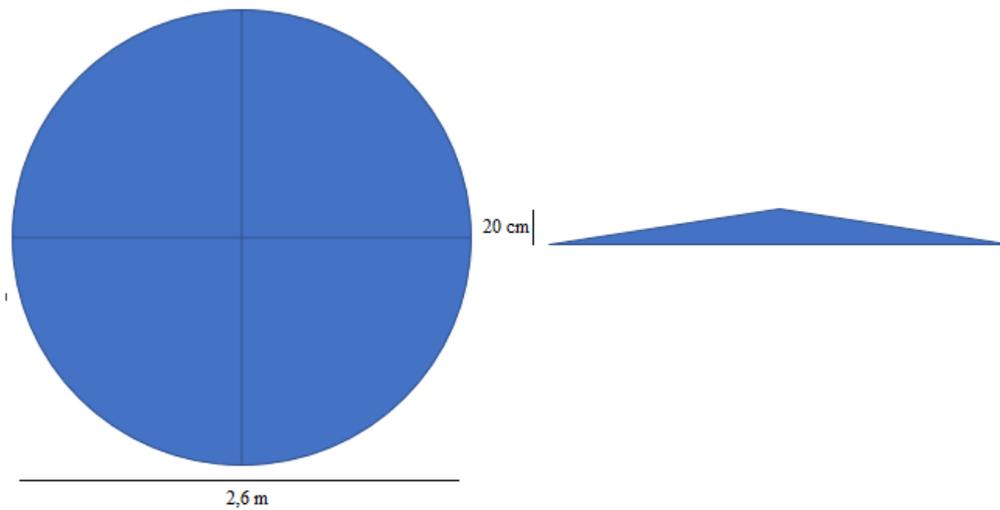
Lo anterior, ya que, de acuerdo con Corona Zúñiga, las válvulas

Se utilizan mínimo dos válvulas para gas, la primera o principal irá instalada inmediatamente al comienzo de la conducción y sobre el niple de salida. La segunda se monta al final de la línea, en el lugar de uso.

Estas válvulas, cuyo tamaño debe ser compatible con el diámetro de la tubería, deberán estar construidas en acero inoxidable o en PVC para evitar la corrosión por el ácido sulfhídrico.

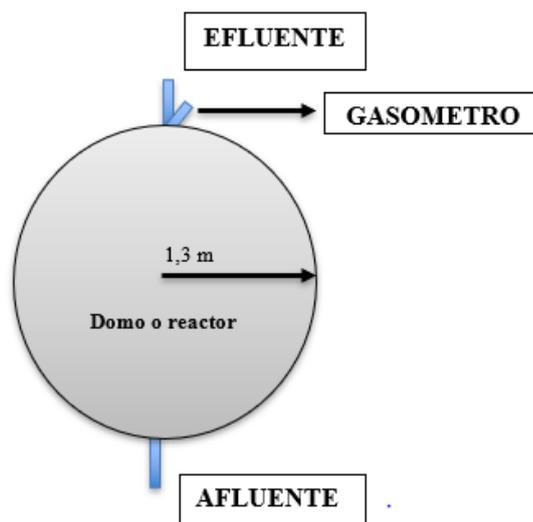
Esta campana tendrá una altura de 20 cm y un diámetro de 2,6 metros (ver figura x), ya que debe corresponder exactamente con el diámetro del biodigestor, sin que quede ningún espacio, es decir, ser hermético.

Figura 33. Vista superior y frontal de la campana del biodigestor



(Autores,2021)

Figura 34. Vista superior Domo del biodigestor



(Autores, 2021)

La tercera etapa comprende la caja de descarga, la cual, para efectos prácticos, tiene exactamente las mismas dimensiones y características que la caja de inspección o carga.

Adicional a lo anterior, para cada construcción se espera elaborar una base de 10 cm de grosor, que soporte el peso de las estructuras, con la finalidad de que tenga una vida útil más larga y

no presente inconvenientes por deslizamientos en épocas de lluvia, o en caso de movimientos sísmicos. Además, esto evitará lixiviados y disminuirá el riesgo que se vea afectado por el peso de la materia orgánica agregada, ya que, si se deja en tierra cabe la posibilidad de que ceda con el tiempo (comunicación personal, Arquitecto Sergio Pedreros, 2021). Según la revista CONSTRUADATA 1 bulto de cemento alcanza para 1,5 m². Dado que el área total de las 3 construcciones suma aproximadamente 8 m², son necesarios 6 bultos de cemento.

Para realizar la mezcla de este cemento es necesario utilizar grava y arena. En cuanto a la mezcla de la arena, para 1 bulto de cemento se requieren 9 baldes. Por lo tanto, para 6, son necesarios 54 baldes (9 bultos). En cuanto a la grava, se requiere, por cada bulto de cemento, 12 baldes. Por lo tanto, para los 6 bultos, son necesarios 72 baldes (12 bultos).

El motivo de aplicar concreto y tubería galvanizada por la calidad y precio de este material, además, pueden llegar a tener una vida útil entre los 60 y 80 años con un constante mantenimiento y asistencia técnica; el material no tiene problema al estar a la intemperie, otra ventaja en el momento de su mantenimiento y desinfección es que puedes ser realizado por el mismo personal de la granja con agua a presión media. Además, el personal puede ingresar sin ningún problema al sistema de inspección y descarga, no genera afecciones a su calidad de vida.

Adicionalmente, según Elizondo (2005), se recomienda que el biodigestor cumpla con las siguientes características:

- Mantener la temperatura constante lo más posible, por lo que se debe construir en el suelo por su capacidad de aislamiento (a mayor temperatura, mayor producción de gas).
- La entrada de aire debe ser evitada, ya que pueden ingresar otros microorganismos que entorpezcan la fermentación.
- Las bacterias deben ser alimentadas con 30 veces más carbono que nitrógeno.
- No es recomendable utilizar más de un 25% de residuos vegetales para no disminuir la eficiencia.
- Una alta acidez afectará la reproducción bacteriana.
- Evitar alimentar el biodigestor con estiércol de animales tratados con antibióticos o sulfas, ya que esto detiene el funcionamiento del biodigestor, por lo que deberá ser vaciado, lavado y reactivado mediante un procedimiento particular.
- El periodo de retención de la carga, a 25°C puede durar de 30 a 40 días.

Para llevar a cabo el diseño que se propone, también se incluyen los costos estimados en la Tabla 14

Tabla 14. Cotización

Materiales	Unidad de medida	Valor unitario (+IVA incluido)	Cantidad	Valor total (+IVA incluido)
Cemento tipo gris	Bulto 50 kg	25.000	27	675.000
Arena	Bulto 50 kg	6.000	48	288.000
Gravilla	Bulto 50 kg	6.000	54	324.000
Geomembrana Hdpe	Metros cuadrados	44.000	9	396.000
Manguera de gas	Metros	4.228	35	148.000
Tubería galvanizada	Metros	160.000	2	320.000
Acople conector de manguera de gas a biodigestor	Unidad	9.000	1	9.000
Válvula de compuerta roscable	Unidad	19.990	1	19.990
Válvula de alivio certificada	Unidad	250.000	1	250.000
T de conexión manguera de gas	Unidad	7.000	4	28.000
Manómetro digital con conector	Unidad	90.000	1	90.000
Cúpula en acero de 2,6 m	Unidad	900.000	1	900.000
Horas de maquinaria	Horas	90.000	4	360.000

Operarios	5 días (8 horas laborales)	1.000.000	2	1.000.000
Costos imprevistos		400.000		400.000
Total	N/A	N/A	N/A	5.207.990

(Autores, 2021)

En términos económicos se realizó un análisis para determinar la disminución de costos que enfrenta la granja con la implementación del biodigestor y la tasa de retorno del proyecto, para esto primero se realiza un flujo de caja teniendo en cuenta la información suministrada a lo largo de todo el documento con esto se demuestra que se puede obtener un beneficio considerable puesto que la recuperación es rápida.

Tal como se puede observar en la *figura 35*, el costo total de la implantación del biodigestor indiano es de \$ 5,207,990, incluyendo mano de obra; el costo anual de energía del cilindro de gas oscila en dos millones ciento sesenta mil pesos (\$ 2.160.000 COP) mientras que con el biodigestor se generará un beneficio en términos de ahorro energético y ganancia por venta de bioabono de buen calidad, se aproximan según las ventas actuales de abono que después de la implementación se venden aproximadamente 10 pacas de bioabono, si este supuesto resulta así en el primer año de implementación habrá en caja \$ 3,360,000. En este sentido, se determina que el tiempo de recuperación de la inversión es de un año y seis meses, este es tiempo corto que posteriormente permitirá aumentar la competitividad de la empresa al conferir un valor agregado y también aumentar sus ganancias por la implementación de esta energía renovable y la economía circular que genera su proceso, a continuación, se refleja el flujo de caja y el periodo de recuperación de la inversión.

Figura 35. Flujo de Caja, Tasa de rehusó y periodo de recuperación de la inversión

Flujo de caja Granja la Carolina														
Variable	Meses año 2021												TOTAL AÑO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Costo energético mensual por cilindro de gas	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 2.160.000
Biogás	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Bioabono por paca de 40 kilos	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 1.200.000

Se aproxima la venta de mínimo 10 paca por mes

Costo total del Biodigestor	\$ 5.207.990	→	INVERSIÓN
-----------------------------	--------------	---	-----------

Ahorro y ganancia en los dos primeros años de	\$ 3.360.000	→	Falta recuperar la inversión	→	X
---	--------------	---	------------------------------	---	---

$$X = \frac{\$ 3.360.000 * 1}{5.207.999} = 0,65$$

$$PR = 1 + 0,65 = 1,65 \text{ AÑOS}$$

→ PR: PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

(Autores, 2021)

15 Conclusiones

- Finalmente, concluimos que la granja La Carolina cuenta con múltiples falencias tanto ambientales como económicas a lo largo de su proceso productivo, debido a la mala disposición que se le da a la materia orgánica (Gallinaza).
- La granja ha generado problemáticas puntualmente en la calidad de vida de las personas que viven alrededor de las mismas por aumento en olores ofensivos, vectores y daño ambiental en varios servicios ecosistémicos.
- El municipio cuenta con una deficiente asistencia técnica y una baja presencia de entidades ambientales en las industrias, pese a que la literatura reporta una presencia importante de este tipo de entidades en el municipio.
- La finca La Carolina tiene y sobrepasa el potencial de implementación de un biodigestor, con el cual puede producir 300 m³ mensuales de gas para abastecer las lámparas que mantienen la temperatura de los galpones de pollitas de una a dos semanas. En términos de generación de materia orgánica, se hace evidente, según los cálculos, que la cantidad de gallinaza requerida para el funcionamiento pleno del biodigestor propuesto es de apenas el 26,79% de la generación total de este insumo.
- Al hacer un uso adecuado de energías alternativas como la producción de biogás a través de un biodigestor, confiere al sistema productivo un valor agregado que mejore su competitividad en el mercado. Por un lado, a nivel económico, puesto que tiempo de recuperación de la inversión es corto, de 1,65 años, y se estima que posteriormente las ganancias y ahorros serán significativos, ya que se usará una mayor proporción del material orgánico producido al convertirse en gas, y se generará un bioabono de mayor calidad para la venta. Y de otro lado, contribuirá a la solución de problemáticas ambientales asociadas al mercado avícola.
- La producción de biogás a partir de biomasa, específicamente gallinaza, en este caso, es un modelo de energía alternativa que ofrece diferentes beneficios ambientales, entre ecológicos, económicos y sociales, puesto que se presentan como una solución a la gran cantidad de residuos orgánicos no aprovechados que generan este tipo de sistemas productivos. Desde la ingeniería ambiental, es posible hacer un aporte mediante la integración de características de la ingeniería como la contribución en el diseño de estas herramientas, además de aportar a la resolución de una problemática ambiental.

16 Recomendaciones

Se recomienda implementar un biodigestor como estrategia para la prevención de las problemáticas mencionadas, con el fin de no generar conflictos de la granja frente a la población, no obstante, también se recomienda que haya más presencia de las autoridades ambientales con el fin de que no se presenten de manera constante este tipo de problemáticas los cuales pueden afectar gravemente los servicios ecosistémicos del municipio.

Se recomienda buscar una certificación ICA para el abono producido con el fin de mejorar su precio en el mercado y buscar la calidad más óptima del mismo. Para conseguir esto es necesario estandarizar los procesos y realizar un estudio fisicoquímico de la calidad final de nuestro abono; con esta certificación se aconsejaría crear una marca registrada para así generar más ingresos generando una economía circular que dará ventajas frente a otras empresas.

En busca del mejoramiento de la calidad y presentación del abono de alta calidad que se producirá en el biodigestor se aconseja la compra de un molino para el procesamiento de esta materia orgánica con el fin de obtener una textura uniforme y sea más fácil el riego y dilución en los campos esto aumentaría la eficiencia del abono generando mejores resultados.

Se debe considerar que la capacidad del biodigestor se puede aumentar en la producción de gas con el fin de que a futuro se pueda alimentar otros puntos de la granja, pero se debe tener en cuenta la distancia ya que el gas producido puede ser suficiente pero la presión para hacerlo llegar al punto de consumo no lo sea.

Como limitaciones para la implementación del biodigestor se puede evidenciar la baja asistencia técnica que este tendría, puesto que, el municipio no cuenta con una alta presencia de los mismos, esto puede conllevar a que los operadores que en este caso como se mencionó anteriormente serían los mismos trabajadores no cuenten con el total conocimiento para manejar el equipo, por lo cual, se puede dañar y causar problemas por lixiviación y demás; es importante generar una mesa de dialogo con los diferentes entes gubernamentales de la zona, con el fin de crear espacios en los cuales se hable de energías sustentables y otras alternativas o proyectos ambientales que se pueden implementar en la zona, en estas se trataran los temas como la ayuda que se puede recibir por parte de ellos y los beneficios que traeria para el territorio.

17 Referencias bibliográficas.

Acosta, Y. L., & Obaya Abreu, M. C. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 39(1), 35-48.

Alcaldía Municipal de Garagoa en Boyacá. (s.f.). Nuestro Municipio. Obtenido de: <http://www.garagoa-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Arce-Solano, O., Campos-Rodríguez, R., & Brenes-Peralta, L. (2020). Evaluación del manejo y disposición final de la gallinaza de reproductora pesada usada como abono orgánico en Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, ág-165.

Ardila, A., Daza, L., Jascón, S., & Núñez, D. (2019). Evaluación de la producción de biogás del biodigestor de la Hacienda Cosmopolitana (Villavicencio, Colombia).

Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. (s.f.). Gallinaza. Obtenido de: <https://aeфа-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/gallinaza>

Belduma Zambrano, A. (2015). EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LA DEGRADACIÓN DE GALLINAZA SOMETIDA A DIFERENTES RELACIONES C/N. Pregrado. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA.

Bernal Patiño, L. E., & Suárez Ramírez, L. S. (2018). Diseño conceptual de un biodigestor a partir de estiércol vacuno y avícola, producido en la finca El Guarumal, para la obtención de biogás (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Carhuancho León, F. M. (2012). Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola.

Casas Rodríguez, S. (2020). Chicken manure, effect on the environment and possibilities for reuse.

Cemex. (2014). Catálogo Soluciones Cemex. Edición 2014/1. Recuperado de: <https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757403/catalogo-soluciones.pdf/ae4fba75-5a33-45f8-7aa9-1bbf44884736>

CENSO 2005 BOYACÁ. (2005). [Ebook]. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/boyaca/garagoa.pdf>

Corona Zúñiga, I. (2007). Biodigestores. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de:
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>

Correa Álvarez, P. C., González González, D., & Pacheco Alemán, J. (2016). Energías renovables y medio ambiente: su regulación jurídica en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 179-183.

Díaz López, A. S. (2017). Diseño de un biodigestor en la producción de gas para cocinas ecológicas, a partir de desechos orgánicos producidos por animales de granja porcina, en el corregimiento de Guaimaral municipio de Curumaní Cesar (Doctoral Dissertation).

Dornelas, K. C., Schneider, R. M., & Do Amaral, A., G. (2017). Biogas from poultry waste—production and energy potential. *Environmental monitoring and assessment*, 189(8), 407.

Durman. (2011). Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad HDPE. Recuperado de:
<https://www.durman.com.co/uploads/documents/carta/5892449990bf9.pdf>

Elizondo, D. (2005). El Biodigestor [recurso electrónico]. Recuperado de:
http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/brochure-biodigestor.pdf

Fondo Nacional Avícola (2018). El sector avícola en Colombia creció 4.5% en 2019. Bogotá.

Fonseca Rodriguez, K. X., Gutierrez Roa, M. G., Hernandez Mora, D., & Ortiz Riaño, N. (2018). Identidad de Garagoa, Boyacá: sumercé, venga y conozca.

Gobierno de Argentina. (2019). Manual de Uso del Biodigestor. Recuperado de:
<https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/09/Manual-de-uso-de-biodigestores-1000l.pdf>

Hernández Ramírez, B. A., & Ramírez Saavedra, N. (2019). Especificación de las condiciones de operación de un biodigestor usando como materia prima estiércol bovino y equino en la finca “Villa Italia” ubicada en el municipio Paipa (Boyacá) (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Inca Guerrero, J., I. (2016). Diseño de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de las excretas de las gallinas provenientes de la Granja Avícola “Bilbao” en la parroquia Cotaló–Pelileo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Labrador Moreno, J., Guiberteau Cabanillas, A., López Benítez, L., Reyes Pablos, J., L. (1993). La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización.

Marshall, W.A. 2000. Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza. Tesis de Dr. en Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba

Menna, M. B., Murcia, G. J., Corleto, B., Dinamarca, A., Branda, J., & Garin, E. (2011). Evaluación energética de la biodigestión anaerobia de estiércol de cerdo en condiciones de mínimo manejo.

Navarro Ochoa, S., & Rivera Maldonado, P. (2020). Aplicación de geomembrana HDPE para mejorar la capacidad de soporte en la av. Defensores Del Morro, Chorrillos-Lima.

Normas aplicables al servicio público domiciliario de gas combustible con biogás. (2012).

Recuperado de:

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/6e48d2a9e2da32de05257ae20078b5aa/\\$FILE/D-079-12%20PROPUESTA%20DE%20REGULACION%20APLICABLE%20A%20BIOGAS.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/6e48d2a9e2da32de05257ae20078b5aa/$FILE/D-079-12%20PROPUESTA%20DE%20REGULACION%20APLICABLE%20A%20BIOGAS.pdf)

Onofre, S. B., Abatti, D., Refosco, D., Tessaro, A. A., Onofre, J. A. B., & Tessaro, A. B. (2015a). Anaerobic biodigestion in Indian batch-type biodigester, using poultry litter as substrate for the production of biogas. *African Journal of Agricultural Research*, 10(31), 3056-3061.

Onofre, S. B., Abatti, D., Refosco, D., Tessaro, A. A., Onofre, J. A. B., & Tessaro, A. B. (2015b). Energy potential of poultry litter for the production of biogas. *African Journal of Agricultural Research*, 10(31), 3062-3066.

Palacios, O. (2005). Evaluación de un sistema discontinuo de biodigestión anaerobia para el tratamiento de desechos avícolas. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV*, 20(4), 105-112.

Procolombia. (s.f.). Colombia está llena de hechos únicos que hoy nos permiten decirle al mundo que somos la respuesta. Recuperado de: https://www.colombia.co/pais-colombia/hechos/asi-es-colombia-1/?__cf_chl_jschl_tk__=e5d892f310abfac11bcbc37f0466635bf7592909-1622760330-0-AV

Ramírez, L. (2019). Etapas de crecimiento del pollo engorde

Redmidia. (s.f.). Incubación artificial de los huevos de gallina en la avicultura comercial. Marzo, 2020

Regulación aplicable al Biogás. (2009), recuperado de: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/c425809c8d0c08720525785a007a7166/\\$FILE/D-056-09%20REGULACI%C3%93N%20APLICABLE%20AL%20BIOG%C3%81S.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/c425809c8d0c08720525785a007a7166/$FILE/D-056-09%20REGULACI%C3%93N%20APLICABLE%20AL%20BIOG%C3%81S.pdf)

Revista Construdata. (s.f.). Mano de obra. Edición 190.

Rivera, H., Malaver, J., Peña Marleny, K., & Malaver, N. (2011). *Perdurabilidad empresarial: el caso del sector avícola en Colombia* [Ebook]. Grupo de Investigación en Perdurabilidad Empresarial (GIPE) Línea de investigación: Perdurabilidad. Obtenido de https://www.urosario.edu.co/Escuela-administracion/Documentos/investigacion/publicaciones/DI119_Admon_finalb.pdf

Ribeiro, E. M., Mambeli Barros, R., Tiago Filho, G. L., dos Santos, I. F. S., Sampaio, L. C., dos Santos, T. V., ... & de Freitas, J. V. R. (2018). Feasibility of biogas and energy generation from poultry manure in Brazil. *Waste Management & Research*, 36(3), 221-235.

Robledo Mahón, T. (2018). Estudio de los procesos biológicos y de la estructura de las comunidades microbianas en el proceso de compostaje de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas, en sistemas de membranas semipermeable.

Ruiz, A., Rivera, K., Uribe, C., Uribe, J., Botero, N., & Peláez, C. (2018). Generación de bioenergía a partir de biomasa residual Avícola from <https://www.ccc.org.co/bion/wp-content/uploads/pdf/26-abril-2018/CarlosAlbertoJaramilloUniversidaddeAntioquia.pdf>

Salgado Lira, I. J., Trujillo Rugama, J. J., & Fuente Dávila, K. M. (2019). Evaluación de proyectos energéticos, biodigestores y cocinas mejoradas implementados por ASOMUPRO

en comunidades de Jícaro y Mozonte, durante el período 2018 (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nicaragua).

Universitat Politècnica de València. (s.f.). Demoninación del material - Gallinaza. Registro N° I-117. Recuperado de: <http://www.upv.es/resiagri/ficheros/i0117.pdf>

Vera-Romero, I., Estrada-Jaramillo, M., González-Vera, C., Tejeda-Jiménez, M., López-Andrade, X., & Ortiz-Soriano, A. (2017). Biogás como una fuente alternativa de energía primaria para el Estado de Jalisco, México. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(3), 307-320.

Yépez, M. (2017). Evaluación del incremento de la temperatura en la digestión anaeróbica de King Grass y gallinaza para la producción de metano.

18 Anexos:

18.1 Anexo1

Encuesta sistematizada realizada a la población

ENCUESTA	SI	NO	¿QUE CONOCEN?
¿Conoce o a escuchado acerca de un biodigestor?			
¿Ha escuchado sobre economía circular?			
¿Le gustaría saber más sobre el tema?			
¿Cree usted que al disminuir algunos impactos ambientales en una actividad puede generar beneficios económicos?			
¿Considera que es necesario implementar este tipo de estrategias?			
¿Ha sentido malos olores producidos por la granja?			
¿Se ha incrementado la presencia de vectores desde que esta la empresa avícola?			
¿Siente Aumento en la cantidad de polvo o material particulado?			
¿Conoce alguna entidad que rija estos aspectos ambientales en el municipio?			
¿Cree usted que se ha desmejorado su calidad de vida desde que llevo la empresa avícola?			

(Autores, 2021)

18.2 Anexo 2

Respuestas encuestas

ENCUESTA	SI	NO	OTROS
¿Conoce o ha escuchado acerca de que es un biodigestor?		X	
¿Ha escuchado sobre economía circular?		X	
¿Le gustaría saber más sobre el tema?	X		Me gustaría conocer sobre los beneficios que me aportarían.
¿Cree usted que al disminuir algunos impactos ambientales en una actividad puede generar beneficios económicos?		X	No, porque va a generar más gastos y no voy a obtener un beneficio económico.
¿Considera que es necesario implementar este tipo de estrategias?		X	Es importante el medio ambiente, pero creo que no tenemos el tiempo suficiente.
¿Ha sentido malos olores producidos por la granja?	X		Sobre todo en temporadas de invierno o cuando se esparce el abono en algunos potreros cercanos a mi vivienda.
¿Se ha incrementado la presencia de vectores desde que está la empresa avícola en la vereda?	X		Se ha notado que hay más moscas debido a los malos olores.
¿Siente Aumento en la cantidad de polvo o material Particulado?	X		No todo el tiempo, pero en algunos momentos por alguna actividad que hagan en la granja.
¿Conoce alguna entidad ambiental que trabaje aspectos ambientales en el municipio?	X		Corporación.
¿Cree usted que se ha desmejorado su calidad de vida desde que llegó la empresa avícola a la vereda?		X	Ha generado varios empleos en la zona, los cuales han beneficiado a mi familia. Hemos tenido molestias por los malos olores y por la cantidad de vectores.

ENCUESTA	SI	NO	¿QUE CONOCEN?
¿Conoce o a escuchado acerca de un biodigestor?		X	
¿Ha escuchado sobre economía circular?		X	
¿Le gustaría saber más sobre el tema?	X		Si, me parecen que son temas que no se tocan en la región?
¿Cree usted que al disminuir algunos impactos ambientales en una actividad puede generar beneficios económicos?	X		Si, pero en la zona esto no se ve
¿Considera que es necesario implementar este tipo de estrategias?	X		Si, el area se encuentra muy mal
¿Ha sentido malos olores producidos por la granja?	X		Si, hay momentos en los cuales huele feo
¿Se ha incrementado la presencia de vectores desde que esta la empresa avícola?	X		Si, en mi casa hay muchos moscos
¿Siente Aumento en la cantidad de polvo o material particulado?	X		Si, hay mucho polvo genera alergias a mis hijos
¿Conoce alguna entidad que rija estos aspectos ambientales en el municipio?		X	
¿Cree usted que se ha desmejorado su calidad de vida desde que llego la empresa avícola?	X		Si, como lo mencione a mis hijos, me da más gripe.

ENCUESTA	SI	NO	¿QUE CONOCEN?
¿Conoce o a escuchado acerca de un biodigestor?		X	
¿Ha escuchado sobre economía circular?	X		EN LA TELEVISIÓN SE ESCUCHA
¿Le gustaría saber más sobre el tema?	X		SI, ME PARECE BUENO PARA IMPLEMENTAR EN MI FINCA
¿Cree usted que al disminuir algunos impactos ambientales en una actividad puede generar beneficios económicos?	X		SI, PUES SI LO HAYE/ ES PORQUE PAGA, NO SE DEL TEMA
¿Considera que es necesario implementar este tipo de estrategias?	X		SI, EN MI FINCA ME GUSTARIA YA AHORRAR AGUA
¿Ha sentido malos olores producidos por la granja?	X		SI, TODO EL TIEMPO
¿Se ha incrementado la presencia de vectores desde que esta la empresa avícola?	X		SI, MUCHO MOSCO
¿Siente Aumento en la cantidad de polvo o material particulado?	X		SI, PERO FUE POR EL POLVO DE AERIN
¿Conoce alguna entidad que rija estos aspectos ambientales en el municipio?		X	
¿Cree usted que se ha desmejorado su calidad de vida desde que llego la empresa avícola?	X		SI, NO PUEDO VENDER MIS PRODUCTOS POR EL OLOR

Las personas cuentan con pleno conocimiento de la utilización de la información que nos proporciono

