

**ESTUDIO DE LA NORMA ISO 14001:2015 EN UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE
BIOGÁS A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS**

CARLOS ALEJANDRO IBARRA ARIZA

**Proyecto integral de grado para optar el título de
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

ORIENTADOR

HARVEY ANDRES MILQUEZ SANABRIA

MSc INGENIERÍA QUÍMICA

PhD CIENCIAS-ENERGIAS RENOVABLES

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C**

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre
Firma del director
Jurado

Nombre
Firma del presidente

Nombre
Firma del jurado

Nombre
Firma del jurado

Bogotá D.C febrero de 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Guerra Prieto

Directora de la Especialización en Gestión Ambiental

Nubia Liliana Becerra Ospina

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

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
1. CONTEXTUALIZACIÓN	15
1.1 Energías renovables no convencionales	15
1.1.1 <i>Biomasa</i>	22
1.1.2 <i>Biogás</i>	25
1.1.3 <i>Energía mareomotriz</i>	26
1.1.4 <i>Energía eólica</i>	28
1.1.5 <i>Energía fotovoltaica</i>	29
1.1.6 <i>Energía geotérmica</i>	31
1.2 Composición y caracterización de los RSO	32
1.2.1 <i>Sector primario</i>	32
1.2.2 <i>Sector secundario</i>	34
1.2.3 <i>Sector terciario</i>	37
2. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE GENERACIÓN DE BIOGÁS	40
2.1 Proceso de producción de biogás por digestión anaeróbica	40
2.1.1 <i>Material biológico</i>	40
2.1.2 <i>Proceso de codigestión</i>	44
2.1.3 <i>Condiciones y factores de operación</i>	48
2.2. Beneficios del biogás	54
2.2.1 <i>Beneficios sociales</i>	54
2.2.2 <i>Beneficios económicos</i>	55
2.2.3 <i>Beneficios ambientales</i>	56
2.3 Tipos de digestores y sus aplicaciones	60
2.3.1 <i>Digestión seca</i>	61
2.3.2 <i>Digestión húmeda</i>	64
2.4 Uso del biogás y del digestor	65

2.4.1 Composición	66
2.4.2 Valorización	68
2.4.3 Tipos de aplicaciones	72
3. APLICABILIDAD DE LA NORMA ISO 14001:2015 EN UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS	77
3.1 Generalidades de la ISO 14001:2015	77
3.1.1 Sistema de gestión ambiental	80
3.1.2 Liderazgo, compromiso y política ambiental	81
3.1.3 Roles, responsabilidad y autoridades en la organización	83
3.1.4 Planificación	83
3.1.5 Apoyo	85
3.2 Operación sistema de gestión ambiental	87
3.2.1 Evaluación del desempeño	91
3.2.2 Mejora continua	102
4. CONCLUSIONES	116
BIBLIOGRAFIA	119

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Explotación y producción nacional de recursos energéticos primarios en el año 2012	15
Figura 2. Demanda interna de recursos energéticos en el año 2012	17
Figura 3. Consumo de combustibles y renovables en Colombia	18
Figura 4. Producción de biogás según tipo de materia orgánica	42
Figura 5. Esquema general del proceso de simulación	46
Figura 6. Análisis de la materia orgánica en los biodigestores	47
Figura 7. Esquema general de funcionamiento de la planta piloto	47
Figura 8. Producción de biogás en función de la temperatura	48
Figura 9. pH de biodigestor en la producción del biogás	49
Figura 10. Tecnología Linde para la digestión anaerobia seca	62
Figura 11. Tecnología Linde para la digestión anaerobia húmeda	64
Figura 12. Alternativas de utilización del biogás y sus requerimientos de purificación	67
Figura 13. Tendido de red de distribución	71
Figura 14. Usos del biogás	73
Figura 15. Relación entre el modelo PHVA y el marco de referencia en la ISO 14001:2015	78
Figura 16. Ficha técnica indicadores de gestión	101

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Potenciales energéticos de residuos orgánicos	23
Tabla 2. Potenciales energéticos de residuos pecuarios	23
Tabla 3. Potenciales energéticos de otros residuos	24
Tabla 4. Producción de residuos frescos de explotaciones ganaderas	33
Tabla 5. Composición nutritiva de estiércoles en materia fresca	33
Tabla 6. Rango de composición en porcentaje de peso seco de algas	34
Tabla 7. Composición del compost de residuos sólidos urbanos	36
Tabla 8. Recopilación de datos caracterización e identificación de RSO para la producción de biogás	39
Tabla 9. Residuos orgánicos de diversos orígenes	41
Tabla 10. Propiedades medidas de estiércol bovino y residuos de cosecha de tomate	42
Tabla 11. Producción de biogás por edad del animal	43
Tabla 12. Producción anual de energía eléctrica estimada	45
Tabla 13. Recopilación de datos producción de biogás por digestión anaeróbica	52
Tabla 14. Recopilación de datos aspectos sociales, económicos y ambientales del proceso de producción del biogás	58
Tabla 15. Bacterias que participan en el proceso de fermentación	60
Tabla 16. Energía equivalente (valor energético) Biogás Vs Otras fuentes	66
Tabla 17. Recopilación de datos aplicación del biogás en la industria	75
Tabla 18. Análisis misión de la empresa	91
Tabla 19. Análisis DOFA	107

LISTA DE ABREVIATURAS

CH₄	Metano
cm	Centímetro
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
C/N	Relación Carbono Nitrógeno
°C	Grado Celsius
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de oxígeno
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
g	Gramo
GWh	Gigavatio-hora
HACCP	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control
H₂	Hidrógeno
H₂S	Ácido Sulfhídrico
K	Potasio
kg	Kilogramo
kWh	Kilovatio-hora
K₂O	Óxido de Potasio
L	Litros
m	Metro
mbar	Milibar
mg	Miligramo
MgO	Óxido de Magnesio
MJ	Megajulio
MW	Megavatio
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
N	Nitrógeno
P	Fósforo

PHVA	Planificar, Hacer, Verificar, Actuar
ppm	Partes Por Millón
P₂O₅	Ácido de Fósforo (III)
RAS	Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
RSO	Residuos Sólidos Orgánicos
S	Azufre
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SINA	Sistema Nacional Ambiental
TRH	Tiempo de Retención Hidráulico
W	Vatio
Zn	Zinc

RESUMEN

La investigación se centró en la aplicabilidad de la Norma Internacional ISO 14001:2015 en el mejoramiento del sistema de gestión ambiental para la generación fuentes renovables no convencionales, siendo el más importante en este estudio la producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos, inicialmente se realiza una revisión bibliográfica de la producción, exportación e importación de fuentes de energía tradicionales que tanto daño le hacen al medio ambiente y así mismo buscar alternativas de mejora continua con la implementación de fuentes de energía renovables usando los desechos acumulados especialmente en el sector primario, adicionalmente se evalúan diferentes procesos de la producción de biogás con su respectiva composición y valorización en el mercado con la remoción de contaminantes que afectan al producto de interés con el fin de desarrollar un plan de mejora continua en el sistema de gestión de ambiental, tomando como punto de referencia la contaminación generada en el entorno y así mismo constituir una empresa dada como ejemplo para evaluar la eficacia de la Norma ISO 14001:2015 en el desarrollo y crecimiento en el mercado, obteniendo como resultado una evaluación en la gestión ambiental de una empresa y así mismo implementar las guías establecidas en este estudio como lo son los indicadores de gestión y análisis DOFA para la minimización de riesgos y acumulación de desechos por un mal manejo de las materias primas y en la producción del producto de interés.

Palabras clave: Biogás, fuentes renovables no convencionales, Norma Internacional ISO 14001:2015, residuos sólidos orgánicos, sistema de gestión ambiental.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental que trae consigo los residuos y desechos orgánicos en Colombia ha ocasionado a lo largo de los años problemas ambientales y económicos en el entorno, el cual el Departamento Nacional de Planeación DNP en entrevista de El Nuevo Siglo (2020) afirma que “sí Colombia continúa en la misma dinámica de generación de residuos, sin hallar soluciones para mejorar el aprovechamiento de estos para la generación de nuevos productos, en el año 2030 el país tendrá emergencias sanitarias en la mayoría de las ciudades y una alta generación de emisiones de gases efecto invernadero, lo que afecta la calidad del aire”.

Estos residuos al no tener una disposición adecuada en el proceso de producción, en muchas ocasiones terminan acumulados en botaderos sin un tratamiento previo, causando no solo el desperdicio de estos sino también problemas en el ecosistema de los seres vivos, provocando así su deterioro paulatino y una trágica realidad para las generaciones futuras sino se realiza algo al respecto, adicionalmente dicha contaminación conlleva a una falta de concientización y responsabilidad por los generadores de dichos residuos en la industria y de los consumidores directos del producto final del proceso, los cuales al no tener las políticas ambientales y legales dentro de su desarrollo interno en su implementación y funcionamiento, se cae en un callejón sin salida, teniendo como única opción el diseño y la fabricación de productos que satisfagan las necesidades de las personas.

“En cifras de la Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios-Superservicios, se estima que entre el 60% y el 70% de los residuos sólidos del país, se pueden aprovechar por medio de compostaje, el cual el 40% de la basura generada es materia orgánica” (El Nuevo Siglo, 2020), a partir de estas estadísticas actualmente se ha buscado minimizar el impacto ambiental y económico generado en la industria por la acumulación de estos residuos y desechos orgánicos, se ha implementado diferentes estrategias en la obtención de fuentes de energía renovables no convencionales para

ser usado en la vida diaria de las personas con las mismas características de las fuentes tradicionales pero con un mayor valor agregado y protección del medio ambiente.

Sin embargo, esta minimización ambiental tiene que ir de la mano de una buena planeación estratégica de las empresas de la industria generadoras de estos desechos para su funcionamiento y desarrollo de fuentes de energía renovables no convencionales, siendo en este caso la generación de biogás, en la cual las políticas y alcance de la misma deben ir de la mano con las políticas ambientales como es el caso de la Norma Internacional ISO 14001:2015 para prevenir el impacto ambiental del proceso desde la materia prima hasta la disposición final del producto de interés.

Para ello en este estudio se busca analizar la aplicabilidad de la Norma Internacional ISO 14001:2015 en la disminución y prevención de contaminantes ambientales a causa del proceso de producción, con la evaluación y control de riesgos de las actividades realizadas y la composición final del producto con planes de mejora continua y actualización del Sistema de Gestión Ambiental de la organización mediante el aprovechamiento de los residuos provenientes del proceso, utilizándolo como materia prima en la producción de biogás o para la producción de nuevos productos, con el fin de evitar las emisiones y el impacto ambiental que ocasionan los combustibles tradicionales con el diseño de un plan estratégico ambiental trayendo consigo no solo la sostenibilidad y crecimiento económico de la empresa en el mercado sino también la minimización de costos ambientales y operativos causados por fuentes y procesos convencionales.

OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer una guía para la aplicación de la Norma ISO 14001:2015 en un sistema de Gestión Ambiental para la generación de biogás a partir de desechos orgánicos.

Objetivos específicos

- Identificar las características de los desechos sólidos orgánicos usados en la producción de biogás.
- Determinar las propiedades y los aspectos ambientales de la producción de biogás.
- Interpretar la aplicabilidad de la Norma ISO 14001:2015 en los procesos de generación de biogás a partir de desechos orgánicos.

1. CONTEXTUALIZACIÓN

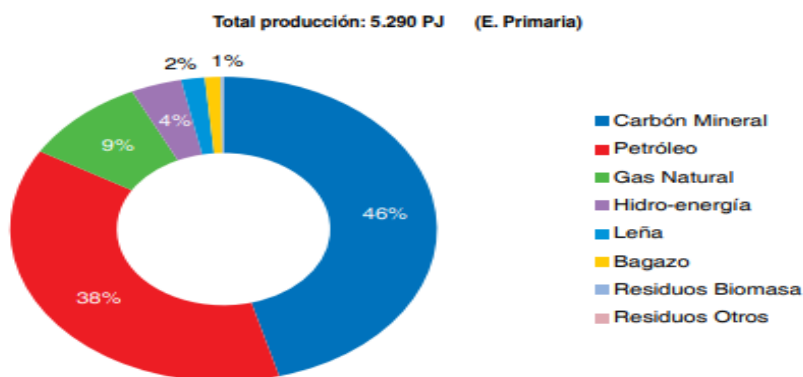
En este apartado se evaluarán las fuentes renovables no convencionales, su implementación y las políticas que buscan minimizar la contaminación ambiental que las energías tradicionales generan en Colombia, así mismo se analizan las nuevas alternativas que le dan valor añadido a los residuos sólidos orgánicos desde varios puntos de vista tanto del sector primario, secundario y terciario, evidenciando sus características y la acumulación de estos en la industria siendo utilizados en procesos como compost, humus y la producción de biogás, siendo este último el punto de interés para este trabajo.

1.1 Energías renovables no convencionales

Colombia es un país que se caracteriza por su biodiversidad “en combustibles fósiles como en recursos renovables. Actualmente la explotación y producción energética del país está constituida a grandes rasgos en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía y un 3% de biomasa y residuos” (Ministerio de Minas y Energías, 2015, p.24), como se evidencia en la Figura 1.

Figura 1

Explotación y producción nacional de recursos energéticos primarios en el año 2012



Nota. La figura representa la explotación y producción nacional de los recursos energéticos en el año 2012 en Colombia. Tomado de: Ministerio de Minas y Energía (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

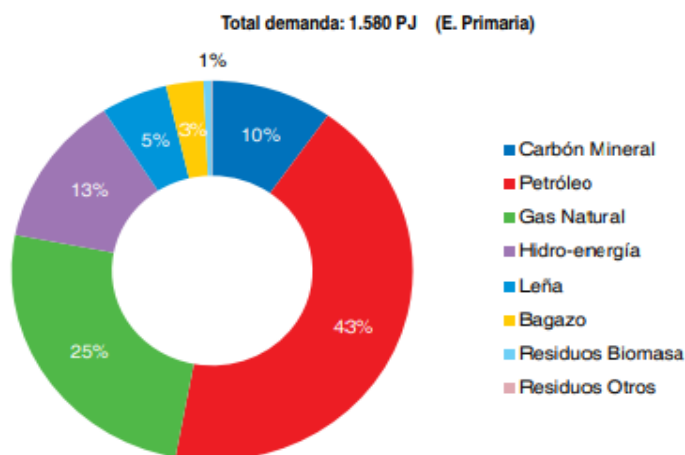
Como se puede observar en la Figura 1, el carbón mineral ocupa un 46% en la explotación y producción mineral debido a las minas que se presentan en el país y el uso de este como materia prima, ya sea para la producción de productos químicos en la industria o fuentes de energía tradicionales, en segundo lugar se encuentra el petróleo con un 38%, el cual al no ser una materia prima usada en mayor proporción en Colombia, esta es usada en la industria petroquímica para la producción del gas natural con un 9% siendo una de las fuentes de energía tradicionales para satisfacer las necesidades de las personas en el hogar y por último se encuentran las materias primas tales como leña, bagazo, biomasa o hidro-energía, implementados actualmente en la generación de fuentes de energía renovables no convencionales para la minimización del impacto ambiental (Ministerio de Minas y Energías, 2015).

Teniendo en cuenta la disminución de la participación del carbón en el consumo energético doméstico y el aumento de combustibles líquidos derivados de la industria petroquímica, la implementación como menciona el Ministerio de Minas y Energías

(2015) “de fuentes alternativas locales de energía que puedan sustituir parcialmente el uso de estas fuentes en el transcurso de los años, cobra una gran importancia para satisfacer las necesidades de demanda energética e importación de fuentes convencionales a largo plazo” (p.24), como se evidencia en la Figura 2.

Figura 2

Demanda interna de recursos energéticos en el año 2012



Nota. La figura representa la demanda interna de los recursos energéticos en el año 2012 en Colombia. Tomado de: Ministerio de Minas y Energía (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

Teniendo en cuenta la Figura 2, la demanda interna de los recursos energéticos en el país se evidencia en mayor proporción en el petróleo con un 43% y el gas natural con un 25%, siendo los mayores productores en fuentes de energía tradicional utilizados diariamente por los consumidores, sin embargo debido a la acumulación de residuos sólidos orgánicos generados en los sectores de la industria, muchos de estos residuos no son utilizados de la mejor manera y su disposición final es inadecuada ocasionando graves problemas ambientales, siendo necesario un estudio más profundo en la actualidad para generación de fuentes renovables no convencionales que ayuden a

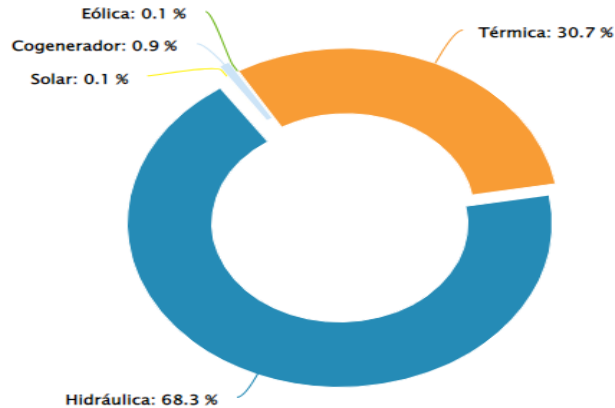
mitigar este inconveniente en el país y así mismo concientizar a las personas con la implementación de estas estrategias en su vida cotidiana (Ministerio de Minas y Energías, 2015).

El Ministerio de Minas y Energías (2015) afirma que “en el 2010, el MME desarrolló el Plan de acción indicativo 2010-2015 del Programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, logrando metas de 3.5% en la participación de fuentes renovables no convencionales” (p.26) tales como las mencionadas por Hoyos et. al (2017) “energía eólica, solar fotovoltaica, biomasa, pequeñas centrales hidroeléctricas, mareomotriz, geotérmica, entre otras (FNCER) en términos de capacidad instalada del Sistema interconectado nacional e incrementar dicha participación en el periodo actual” (p.116).

Como menciona el Ministerio de Minas y Energías (2015) “la principal razón para el relativo subdesarrollo de las FNCER en Colombia radica en los costos de inversión asociados al contexto energético de relativa abundancia de recursos renovables ligado a una fuerte participación de hidroenergía en la matriz eléctrica” (p.27), obteniendo así una esperanza de vida al ser humano, siendo inagotables, sin embargo a pesar que en Colombia estén disponibles los recursos para solventar dichas necesidades, estas no son suficientes a las metas planteadas afirmando el Ministerio de Minas y Energías (2015) “a raíz de la ausencia de instrumentos conducentes a tal propósito, obedeciendo a una inexistencia de política que apoye la utilización de estas fuentes renovables puestas a consideración en la actualidad para cambiar el panorama del país en beneficio del medio ambiente” (p.27), como se evidencia en la Figura 3.

Figura 3

Consumo de combustibles y renovables en Colombia



Nota. La figura representa el consumo de combustibles y energía renovable en Colombia. Tomado de: ACOLGEN. (2019). La energía que impulsa a Colombia. Consultado el 19 de noviembre de 2021. <https://www.acolgen.org.co/>

La Figura 3 representa el consumo de la capacidad instalada en Colombia, en el cual ACOLGEN (2019) menciona que “la matriz de generación eléctrica colombiana es la sexta matriz más limpia de mundo con un 68% del total de la capacidad el consumo en Colombia”, dicha matriz utiliza el agua como fuente de generación, obteniendo como resultado un factor de emisión de 83% menor al promedio mundial, en segundo lugar, se evidencia la participación de la energía térmica con un 30.7% y en menor proporción se encuentran las fuentes de energía renovables no convencionales como lo son el cogenerador, eólica y solar ya que hasta ahora se ha venido desarrollando diferentes tecnologías para su implementación de estos en la industria para la minimización del impacto ambiental (ACOLGEN, 2019).

Dentro de las políticas en Colombia que buscan minimizar la contaminación ambiental y volverla una fuente de energía renovable en el aprovechamiento de residuos sólidos se encuentra la Ley 99 de 1993 por el Ministerio de Interior “por el cual se crea el Ministerio de medio ambiente, ordenando el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA” (p.1), esta ley demuestra como prioridad el proceso de desarrollo

económico y social orientado a los principios y preservación del medio ambiente, la biodiversidad del país, políticas de población garantizando a la sociedad una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, utilización de recursos híbridos, formulación de políticas ambientales dando como resultado la formación de investigación científica y prevención de desastres de materia de interés colectiva y medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de obligatorio cumplimiento para las personas, empresas y trabajadores que están directa o indirectamente relacionados con la disposición final de estos desechos (Mininterior, 1993).

Por otro lado, se encuentra el Decreto 2811 de 1974 del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en donde se dicta la preservación y el manejo de los recursos naturales encaminada “al interés social en beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional” (p.1), previniendo y controlando los efectos nocivos de la explotación y regulación en la conducta humana para proteger el manejo de los recursos, atmósfera y espacio aéreo nacional, aguas en cualquiera de los estados, la tierra, el suelo y el subsuelo, flora, fauna, fuentes primarias de energía no agotables y las pendientes topográficas con potencial energético, en cumplimiento con las políticas ambientales para que las personas, empresas y la sociedad en general se priorice el respeto por el entorno y minimización de la contaminación ambiental a causa de malas prácticas (Función Pública, 1974).

A continuación, se menciona la constitución política de Colombia de 1991, especialmente el capítulo III de los derechos colectivos y del medio ambiente, en el cual “serán responsables de acuerdo con la ley quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten en contra la salud, seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios” (p.14), garantizando su participación en un ambiente sano, diversidad e integridad del ambiente, manejo y aprovechamiento de recursos naturales, priorizando un entorno sostenible, conservado y restaurado basado en el interés común, velando por la integridad del espacio público, recursos genéricos y desechos tóxicos que causen un problema en el medio ambiente (República de Colombia, 1991).

La Política para la Gestión Integral de Residuos del Ministerio del Medio de Ambiente de 1997 en el manejo de residuos sólidos, gestión parcial de los residuos sin la consideración del impacto ambiental posterior a su recolección y transporte, prácticas inadecuadas de disposición final en relación con localización, construcción y operación de los botaderos y rellenos sanitarios, ausencia de conocimiento sobre la magnitud del problema, bajo desarrollo institucional del sector, falta de educación y participación ciudadana en el manejo ambiental de residuos, con base a la gestión integrada de residuos sólidos (GIRS) en aprovechamiento y valorización de residuos y reducción de origen, análisis integral del ciclo del producto, gestión diferencial de residuos aprovechables y basuras y responsabilidades que tanto las empresas como los generadores de residuo deben tener presentes en la disposición final de estos para la minimización de la contaminación ambiental del país (Ministerio del Medio Ambiente, 1997).

Resolución 1096 de 2000, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), que corresponde al Ministerio de Desarrollo Económico formulando la política de gobierno en “materia social del país relacionada con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos del agua potable y saneamiento básico y expandir resoluciones, circulares y demás actos administrativos de carácter general o articular necesarios para el cumplimiento de las funciones” (p.1) de las empresas y personas directamente o indirectamente relacionadas en el proceso para la prevención y minimización de la contaminación ambiental en Colombia a partir de certificaciones, licencias y permisos necesarios para el sostenimiento y desarrollo de la sociedad (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Y por último se encuentra el Decreto 1713 de 2002 por el cual se reglamenta la Ley de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la gestión integral de residuos peligrosos, el cual delimita el acondicionamiento de recipientes, aprovechamiento de residuos sólidos, aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario de aseo, basado en como afirma Corponariño (2002) “las normas en características y calidad del servicio de aseo para la minimización del impacto ambiental en Colombia” (p.10).

A continuación, se evalúan las diferentes fuentes de energía renovable no convencionales que se han venido desarrollando en la industria con el fin de minimizar la contaminación ambiental generada por los residuos sólidos orgánicos tales como: la biomasa, biogás, energía mareomotriz, energía eólica, energía solar fotovoltaica y energía geotérmica.

1.1.1 Biomasa

La biomasa es hoy en día la fuente tradicional de la historia de la humanidad, siendo protagonista como afirma el Ministerio de Minas y Energías (2015) “en países subdesarrollados y en vía de desarrollo a través del caso de la leña como energético comúnmente utilizado por poblaciones rurales y de escasos recursos para labores como cocción de alimentos e iluminación” (p.43). Adicionalmente cuenta como menciona el Ministerio de Minas y Energías (2015) “con una participación del 9% del consumo mundial de energía final en comparación con las otras fuentes de energía renovable, las cuales suman el 10% del total” (p.43).

Como afirma el Ministerio de Minas y Energías (2015) “el uso de biomasa está directamente relacionado con la generación eléctrica para la generación de calor útil a partir de esquemas de cogeneración. En Colombia de 62,200 GWh de electricidad producidos en el SIN, el 804 GWh corresponde al uso de biomasa” (p.43), siendo este valor obtenido de los residuos agrícolas provenientes de cultivos tales como la palma, caña de azúcar, caña de panelera, café, maíz, arroz, banano y plátano, representando los residuos de cada uno de estos por tonelada/año, como se muestra en la Tabla 1, otros potenciales provenientes de residuos pecuarios en la Tabla 2 y residuos de distribuidores comerciales en la Tabla 3, generando una fuente de carbono y materia prima para la producción de fuentes renovables que ayuden a minimizar la contaminación ambiental (Ministerio de Minas y Energías, 2015).

Tabla 1*Potenciales energéticos de residuos orgánicos*

Cultivo	Toneladas producto (2012)	Residuo agrícola	Toneladas residuo (2012)	Potencial energético (TJ/año)
Palma	1,137,984	Cuesco	246,714	3,428
		Fibra	712,946	8,845
		Raquis	1,206,490	8,622
Caña de azúcar	2,681,348	RAC	8,741,194	42,761
		Bagazo	7,186,013	78,814
Caña panelera	1,284,771	Bagazo	4,817,888	52,841
		RAC	3,250,469	15,901
		Pulpa	2,327,929	8,354
Café	1,092,361	Cisco	224,262	3,870
		Tallo	3,303,299	44,701
		Rastrojo	1,126,840	11,080
Maíz	1,206,467	Tusa	325,746	3,389
		Capacho	254,564	3,863
		Tamo	5,447,359	19,476
Arroz	2,318,025	Cascañilla	463,605	6,715
		Raquis	1,834,822	788
		Vastago	9,174,108	5,172
Banano	1,834,822	Rechazo	275,223	484
		Raquis	3,201,476	1,374
		Vastago	16,007,378	9,024
Plátano	3,201,476	Rechazo	480,221	844
		Total		330,350

Nota. La tabla representa el potencial energético de residuos agrícolas en el año 2012 en Colombia. Tomado de: Ministerio de Minas y Energía (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

Tabla 2*Potenciales energéticos de residuos pecuarios*

Residuos pecuarios	Toneladas residuo (2008)	Potencial energético (TJ/año)
Bovino	99,168,608	84,256
Avícola	3,226,348	29,183
Porcino	2,803,111	4,308
Subtotal		117,748

Nota. La tabla representa el potencial energético de residuos pecuarios en el año 2012 en Colombia. Tomado de: Ministerio de Minas y Energía (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

Tabla 3

Potenciales energéticos de otros residuos

Otros residuos	Toneladas residuo (2008)	Potencial energético (TJ/año)
Residuos de poda	44,811	318
Centros de acopio y plazas de mercado	120,210	92
Subtotal		410

Nota. La tabla representa el potencial energético de otros residuos en el año 2012 en Colombia. Tomado de: Ministerio de Minas y Energía (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

Con base a los residuos mencionados anteriormente, se debe considerar la estructuración de un plan de mejora continua en aprovechamiento energético de la biomasa en economía circular, transformando la actual dependencia del petróleo como afirma el Ministerio de Minas y Energías (2015) “(no solo en el aspecto energético sino también en el consumo de derivados de este recurso como materias primas) a la implementación de recursos energéticos de origen renovables, siendo la biomasa el sustituto directo del petróleo” (p.46), tomando como referencia países como Estados Unidos o Brasil en donde las plantas de biocombustibles y biorrefinerías han sido de gran utilidad para las inversiones de bioenergía del país, observando así oportunidades en el aprovechamiento de residuos en la industria de palma, extracción de aceites viéndose reflejado como afirma el Ministerio de Minas y Energías (2015) “en el efluente del proceso o la generación de biogás para producción de electricidad a través de motores de combustión interna” (p.47).

Dentro del aprovechamiento energético de la biomasa se encuentra los residuos agrícolas de cosecha, siendo como afirma el Ministerio de Minas y Energías (2015) “producto de la cosecha de la caña de azúcar gracias a factores ambientales, competitividad y sostenibilidad en el mercado y en el medio ambiente, adicionalmente, también se encuentran los desechos producidos por el tratamiento de aguas residuales a partir de la industria alimentaria generando biogás (metano)” (p.47), aprovechado para la producción de energía térmica a bajo costo; la industria cementera produce por otro

lado residuos agrícolas como la cascarilla de arroz como fracción combustible en hornos o en elementos como llantas o aceites usados contaminados (Ministerio de Minas y Energías, 2015).

Gracias a los desechos que las diferentes industrias a nivel nacional generan, se evidencia una gran oportunidad y curva de aprendizaje en donde estos cumplen como se mencionó anteriormente, una ventaja del uso de biomasa como fuente de energía renovable o para la producción de productos amigables con el medio ambiente, es allí donde la política nacional y el desarrollo rural tienen que formar parte de dichas alternativas, quedándose no solo en palabras ni en la acumulación de estos sino que de verdad se haga algo al respecto con esta alternativa, siendo un motor de desarrollo agroindustrial y la integración de fuentes de energía que satisfagan las necesidades de las personas con altos estándares de calidad.

1.1.2 Biogás

La producción de biogás como afirma Solano et. al (2010) “es un proceso natural que ocurre de forma espontánea en un entorno anaerobio, es decir, sin presencia de oxígeno, este proceso es llevado a cabo con ayuda de microorganismos como parte del ciclo biológico de la materia orgánica” (p.40), involucrando procesos como fermentación o digestión de residuos orgánicos (biomasa) para su producción. La composición de biogás dependerá del tipo de desecho utilizado y las condiciones en que se procesa, constituido principalmente de metano (CH_4) de un 54-70% en volumen, dióxido de carbono (CO_2) e un 27-45% en volumen, hidrógeno (H_2) en un 0.5-3% en volumen y ácido sulfhídrico (H_2S) en un 0.1% de volumen (Solano, 2010).

El metano al estar presente en la producción de biogás con una mayor proporción ayudará a determinar que el producto final es considerado como un combustible debido a sus propiedades y composiciones, no obstante, esto puede traer consigo contaminaciones ambientales de acuerdo al grado de toxicidad que este representa en el impacto generado en el efecto invernadero, sin embargo al ser el primer hidrocarburo

en la serie de los alcanos se puede mezclar con aire para la obtención de un combustible ecológico que al quemarse produce monóxido de carbono (CO) minimizando dicha contaminación (Obando, 2007). El monóxido de carbono producido en la combustión sale a la atmósfera, en donde es captado por las plantas para producir carbohidratos mediante la fotosíntesis, estas plantas servirán de alimento a los herbívoros, cuyo estiércol podrá implementarse en otros procesos para el aprovechamiento o en la misma producción de biogás, de esta manera se completa un ciclo ecológico que contribuya a reducir la emisión de gases de efecto invernadero y por ende del calentamiento global, teniendo en cuenta que una molécula de metano capta aproximadamente 25 veces más calor que la molécula de CO (Dussan, 2009).

Este combustible ecológico es elaborado en reactores del tipo digestor y por acción de microorganismos se dan procesos de respiración y metabolismos para la degradación de los compuestos orgánicos y la liberación del preciado gas con un efluente sólido de fertilizante; existe mucho interés en este tipo de equipos ya que pueden ser instalados en casas para la generación de energía. Es importante como menciona Silva (2002) “que la calidad del biogás es uno de los parámetros más importantes al momento de competir con el gas convencional y su valor energético es directamente proporcional al contenido de metano que tenga” (p.3)

1.1.3 Energía mareomotriz

“La energía mareomotriz se debe a las fuerzas gravitatorias entre la Luna, tierra y el sol” (González, s.f, p.1) proveniente de los mares y océanos, los cuales tienen un gran contenido energético en el aprovechamiento del comportamiento de las mareas proporcionando energía en los diferentes sectores industriales de la zona (González y González, 2015), siendo ubicados en lugares tales como golfos, bahías o estuarios para obtener el movimiento del agua en un eje determinado (González, s.f).

Esta fuente renovable no convencional es muy eficaz en Europa, Estados Unidos y China, en los cuales se llevan a cabo alternativas tecnológicas para la implementación

de dicho potencial energético en los molinos de trigo, aserraderos y fábricas de cerveza con ayuda de turbinas de doble cuchilla, captando tal como menciona González y González (2015) aproximadamente “una cuarta parte del mercado de la energía marina mundial con un valor de hasta 76 mil millones de libras esterlinas en 2050” (p.123).

Adicionalmente, la energía mareomotriz cobra gran relevancia en la disminución de la huella energética ecológica trayendo consigo consecuencias afirmativas gracias a su implementación de sistemas o mecanismos de producción energéticos y la evaluación de modelos integrados de profundidad, velocidades y transporte de solutos mediante turbinas (González y González, 2015), así mismo al ser una fuente de energía renovable, brinda grandes ventajas ya que la materia prima usada para su obtención es inagotable (González, s.f) y no genera subproductos que pueden llegar a ser contaminantes para el ecosistema acuático ni en la obtención del producto final para satisfacer las necesidades de las personas.

Sin embargo, su implementación también ha traído consigo una serie de problemáticas a nivel mundial debido a los impactos económicos y ambientales que pueden generar en el ecosistema acuático: uno de ellos es la extracción energética de las mareas causando problemas negativos en los procesos biogeoquímicos en aguas estearinas y costeras del sector (González y González, 2015), adicionalmente se evidencian aspectos negativos en relación al área intermareal de obtención, afectación en la calidad de agua del mar y la destrucción del hábitat por la cantidad de emisiones y erosiones en el lugar (González y González, 2015) que se generan en el proceso para su obtención, ya que la planta al estar ubicada en la orillas o zonas ricas en metales pesados o minerales provenientes de las profundidades del mar o los océanos, le quitan la posibilidad a las especies de conservar su hábitat, su fuente de alimento y su hogar solo por satisfacer las necesidades de las personas en usar una fuente inagotable como es el agua proveniente de estos lugares sin pensar en el impacto económico, social y ambiental que esto causa al entorno, teniendo que migrar a otras fuentes renovables no convencionales para la obtención de energía.

1.1.4 Energía eólica

Al comparar las energías renovables puestas a prueba en los últimos años para satisfacer las necesidades de las personas, se encuentra la energía eólica mostrando una gran ventaja como menciona el Ministerio de Minas y Energías (2015) “en términos de eficiencia y sofisticación en los equipos utilizados en este proceso, permitiendo hoy en día la obtención del mismo output de energía por menores costos que hace 5 y 10 años” (p.33).

Actualmente, en Colombia la energía eólica suple únicamente el 0.1% de la demanda eléctrica nacional, este aporte lo hace el parque eólico Jepirachi ubicado cerca de Puerto Bolívar y el Cabo de la Vela en el Municipio de Uribía en la Guajira construido en 2002 con una capacidad de 19.5 MW, las turbinas eólicas se encuentran distribuidas en 2 filas de 7 y 8 turbinas con una separación entre filas de 1000 metros y una separación entre turbinas de 180 metros (Empresas Públicas de Medellín, 2010), esta ubicación fue destacada con base a las condiciones de riqueza de recursos eólicos en esa región y regímenes de viento (González, 2019).

De acuerdo con Moreno (2013) “La energía eólica por sus condiciones de producción compleja está limitada en porcentaje al total de energía eléctrica, se considera que el grado de penetración de la energía eólica en grandes redes de distribución eléctrica puede alcanzar sin problemas del 15 al 20% del total sin especiales precauciones en la calidad del suministro ni en la estabilidad de la red” (p.13), la velocidad de la energía eólica está directamente relacionada con la velocidad del viento ya que si esta aumenta, de igual manera la altura de este aumenta, viéndose reflejado en la hélice del aparato, siendo los lugares más destacados para su ubicación en los cerros o colinas que dominan un terreno despejado y costas marinas (Moreno, 2013).

Dentro de las ventajas que proporciona el uso de la energía eólica se puede evidenciar que es una fuente renovable no contaminante, es inagotable debido a la materia prima empleada para su obtención, siendo este el viento, frenando el agotamiento de

combustibles fósiles minimizando la contaminación ambiental, adicionalmente, se suprimen radicalmente los impactos negativos originados por los combustibles durante procesos como de transformación, combustión, transporte y contacto con el entorno, su implementación no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por el consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos, evitando la producción de gases tóxicos, gases causantes del efecto invernadero o la obtención de productos secundarios peligrosos (Moreno, 2013).

Sin embargo, la mayor desventaja de su implementación es el control del viento siendo necesario el uso de otras fuentes de energía en caso tal que la velocidad del viento no sea la suficiente para su proceso de producción, así mismo se encuentra la dificultad para la planificación, plazo de desarrollo, variabilidad teniendo que suplir la disminución de tensión eólica, almacenamiento imposible ya que esta debe ser utilizada al mismo tiempo que se produce, necesidad de infraestructura, vulnerabilidad a los huecos de tensión y el impacto ambiental ya que los equipos utilizados en este proceso son de gran tamaño y pueden localizarse en paisajes naturales ocasionando en algunas ocasiones el daño ambiental en el entorno (Moreno, 2013).

1.1.5 Energía fotovoltaica

Colombia cuenta con un alto potencial de energía solar fotovoltaica frente al resto del mundo; aunque presenta alteraciones, los datos evidencian que en todo el territorio el promedio de irradiación es elevado (Eraso y Erazo, s.f), estando en mayor proporción en las regiones de la Costa Atlántica y Pacífica, la Orinoquía y la Región Central (Gómez et. al, 2017).

Cabe mencionar que mediante las celdas fotovoltaicas cierta parte de la energía proveniente del sol se convierte directamente en energía eléctrica con ayuda de celdas fabricadas de materiales semiconductores ofreciendo menor resistencia al paso de la corriente de la electricidad (Takeuchi, 2014). Estas son agrupadas y encapsuladas en modelos fotovoltaicos para la generación de energía, sin embargo, para buscar mayores

resultados en el producto deseado se implementa más de un módulo fotovoltaico denominado “campo solar fotovoltaico” (Gómez et. al, 2017).

Adicionalmente, de acuerdo con Gómez et. al (2017) “las principales características de una célula solar FV son: la potencia, la tensión y la corriente, estas características dependen del número de células solares asociadas y de las condiciones de trabajo de las mismas (radiación, viento, inclinación)” (p.3). Así mismo, para el desarrollo de esta alternativa de mejora es necesario conocer diferentes parámetros tales como: radiación incidente, temperatura de trabajo y precio de la tecnología, con el fin de obtener el punto máximo de potencia (PMP), siendo el punto del campo solar FV donde se genera la máxima energía, (Gimeno et. al, 2014).

Gracias a la radiación global y las condiciones naturales en Colombia, la generación de la fuente de energía renovable resulta favorable ya que el país cuenta con un recurso de irradiación solar promedio de 194 W/m^2 y radiación solar promedio de $4.5 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, superando el valor promedio mundial de $3.9 \text{ kWh-/m}^2/\text{d}$ (Eraso y Erazo, s.f), con base a lo anterior, la energía solar FV es actualmente la segunda fuente de energía renovable más implementada, brindando soluciones a problemáticas que acoge al sector (REN21, 2016), esta fuente de energía es eficaz en el sector secundario con los servicios prestados a los consumidores para satisfacer sus necesidades, actividades diarias, instalaciones de red en sus hogares o iluminación para los lugares de escasos recursos de abastecimiento (Cardona et. al, 2016), en el sector industrial y telecomunicaciones, sector agropecuario (sistemas agroganaderos y de agricultura), transporte, sistemas de inyección o conexión a la red eléctrica convencional y en las instalaciones del sistema (Gómez et. al, 2017).

Dentro de los beneficios que trae consigo la implementación y desarrollo de la energía solar FV es la generación de consumo al reducir el uso de otras fuentes de energía, menor demanda de la red, trayendo consigo la disminución de los precios nacionales de las fuentes provenientes de recursos fósiles (Cinnamon, 2004), sin embargo, la inversión o costo inicial de una instalación fotovoltaica es alto pero vale la pena en el

aprovechamiento posterior de la vida útil del sistema con bajos costos de operación, sin la necesidad de usar combustible (Morales, 2013) y aunque en Colombia el desarrollo y la implementación de esta fuente de energía es muy poca, puede llegar a ser una fuente de mejora continua en la minimización de la contaminación ambiental del país con el uso de una fuente de energía inagotable pudiéndose usar por muchos años gracias al aprovechamiento geológico de la zona y los beneficios que este posee para satisfacer las necesidades de las personas.

1.1.6 Energía geotérmica

Adicionalmente la energía geotérmica presenta costos estables a partir de tecnologías maduras que tienden a su reducción con el pasar de los años, logrando aumentar en materia de costos y potencial de recursos renovables que se disponen a nivel nacional como afirma el Ministerio de Minas y Energías (2015) “trayendo consigo beneficios a mediano y largo plazo a través del establecimiento de lineamientos de política, viéndose reflejado en un marco normativo y regulatorio favorable para su participación en el país” (p.33).

Esta fuente de energía renovable no convencional es considerada amigable con el medio ambiente debido a su bajo impacto respecto a las fuentes tradicionales que comúnmente se llevan a cabo, con el fin de obtener como menciona el Servicio Geológico Colombiano (2019) “una menor emisión de gases de efecto invernadero, siendo los gases que se acumulan en la atmósfera y favorecen el aumento de su temperatura y sólidos suspendidos en el aire sin requerir mayor ocupación en extensión de terreno para su implementación” (p.3)

De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano (2019) “En toda la superficie de la Tierra se manifiesta el calor que viene de su interior, este es un proceso natural llamado flujo de calor y la variación de la temperatura a medida que aumenta la profundidad se llama gradiente geotérmico” (p.2), siendo una energía de gran aprovechamiento en

recursos y tecnología para su implementación en relación a la temperatura del recurso (Servicio Geológico Colombiano, 2019).

1.2 Composición y caracterización de los RSO

Como menciona Reyes (2017) “los desechos agroindustriales comprenden un amplio conjunto de residuos orgánicos biodegradables, los cuales pueden ser clasificados en dos tipos generales: residuos de frutas o plantas y residuos provenientes de animales (estiércoles y purines)” (p.64), los cuales al aumentar periódicamente requieren de un manejo específico para evitar la generación de problemas ambientales reflejados en la salud pública y el deterioro de los ecosistemas naturales.

Estos residuos se clasifican en el sector primario comprendiendo residuos agrícolas, ganaderos y forestales, sector secundario, siendo los desechos que se producen a nivel industrial y finalmente los residuos del sector terciario, siendo los desechos provenientes de residuos sólidos urbanos y aguas residuales.

1.2.1 Sector primario

Estos residuos como afirma Reyes (2017) “están formados por la acumulación de deyecciones sólidas y líquidas producidas por explotaciones ganaderas. Las características de estos materiales son función de: especie, raza, alimentación del ganado y época del año” (p.65), en el cual las producciones dependen del tipo de explotación como se evidencia en la Tabla 4 frente a medios de producción de materia fresca según el animal exportado.

Tabla 4

Producción de residuos frescos de explotaciones ganaderas

Tipo de ganado	kg heces/día
Vacuno	30 a 50
Equino	20 a 50
Porcino	4 a 8
Ovino	4 a 8
Aves	0.1 - 0.5

Nota. La tabla representa la producción de residuos frescos de la explotación del sector primario (ganadero). Tomado de: Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. 2017

En la Tabla 5 se evidencian las características agronómicas de estos materiales con base en la materia seca y contenido en los nutrientes mayoritarios.

Tabla 5

Composición nutritiva de estiércoles en materia fresca

Origen del estiércol	m.s (%)	N (kg/t)	P ₂ O ₅ (kg/t)	K ₂ O (kg/t)	MgO (kg/t)	S (kg/t)
Vacuno	32	7	6	8	4	-
Equino	35	14	5	12	3	0.9
Porcino	25	5	3	5	1.3	1.4
Ovino	28	15	16	9	4.5	-
Aves	8	2	0.5	3	0.4	-

Nota. La tabla representa la composición nutritiva de estiércoles en materia fresca del sector primario (ganadero). Tomado de: Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. 2017

Adicionalmente, como menciona Reyes (2017) “la manufactura y la industrialización que trae consigo los aserraderos, carpinterías y montañas de virutas y aserrines cuya acumulación provoca riesgos de incendio, contaminación del aire y proliferación de alimañas, estos desechos se queman o se entierran bajo el suelo pudiéndose colocar en

un biorreactor” (p.66) generando grandes cantidades de biogás que pueden ser usados en la industria doméstica para satisfacer las necesidades de las personas.

Sin embargo, al ser necesaria la evaluación de los residuos generados en el sector primario, se toma a consideración la posibilidad del uso de residuos de plantas acuáticas gracias a la cantidad de nutrientes que pueden ser aprovechables provenientes del suelo de la planta provenientes de la actividad de pesca a gran escala, como afirma Reyes (2017) “son susceptibles de ser empleadas como abonos orgánicos de los suelos si se procede a un proceso de secado apropiado, descomponiéndose de una manera más rápida y eficaz, su composición en agua es elevada así como el contenido de sales” (p.66), como se evidencia en la Tabla 6.

Tabla 6

Rango de composición en porcentaje de peso seco de algas

	N	P	K
Algas	1.34	0.08 - 0.17	0.06 - 0.69

Nota. La tabla representa la composición en porcentaje de peso seco de las algas proveniente de residuos de plantas acuáticas. Tomado de: Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos

1.2.2 Sector secundario

Teniendo en cuenta los residuos orgánicos provenientes de la industria, hay que considerar los residuos frescos incorporados en el suelo, el cual como afirma Ramos (2005) “es un materia que no ha experimentado ningún tipo de proceso de degradación, por ejemplo: los estiércoles frescos y el uso directo de lodos producidos en los procesos de depuración de aguas urbanas o industriales” (p.46), en contraste con estos se encuentran los residuos bien descompuestos, en el cual Ramos (2005) menciona “los materiales con un grado de modificación importante que poseen una concentración de materiales más estables, los cuales son similares a aquellos presentes en el suelo,

incluyendo materiales que han sido sometidos a un proceso controlado de transformación denominado compost” (p.47).

Con base a lo anterior, se toman a consideración diferentes tecnologías para tratar los desechos y residuos generados en el sector secundario, en primer lugar se tiene el proceso de compostaje utilizando residuos sólidos tales como los provenientes de la industria de alimentos, maderas, pieles, entre otras industrias, lodos de planta de tratamiento de aguas, los cuales requieren de la aplicación de tratamientos previos al compostaje para eliminar características indeseables, un claro ejemplo de este proceso de acuerdo con Ramos (2005) “la inactivación de los fenoles contenidos en los residuos de la industria maderera ya que estos presentan un alto grado fitotóxico y contracción del sustrato” (p.50). La disponibilidad de compuestos biodegradables como los mencionados por Ramos (2005) “(carbohidratos, ácido grasos y proteínas) determina la velocidad de composición” (p.50) y materiales pesados.

Adicionalmente, como menciona Ramos (2005) “estos sustratos y procesos de compost deben ir de la mano con alternativas a la disminución ambiental del país, sustituyendo los proceso tradicionalmente usados en la industria, buscando materiales reutilizables, reciclables y que no provengan de fuentes no renovables” (p.51), dentro de la clasificación de la utilización de estos sustratos se tienen los materiales orgánicos de origen natural caracterizados como menciona Ramos (2005) “por descomposición biológico y de síntesis, siendo polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante síntesis química: espumas de poliuretano, poliestireno no expandido, entre otros” (p.51).

En relación con el sector secundario, los desechos provenientes de residuos domésticos y urbanos se pueden usar también en el proceso de compost, conteniendo como menciona Ramos (2005) “alrededor de 1% de potasio, que al estar en forma inorgánica es cedido rápidamente a los cultivos con grandes cantidades de micronutrientes que estarán a disposición de los cultivos” (p.49), como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Composición del compost de residuos sólidos urbanos

Variable	Intervalo
Materia orgánica (g/kg)	200 a 600
Ácidos húmicos (g/kg)	6 a 70
Ácidos fúlvicos (g/kg)	1 a 100
Nitrogeno total (g-1)	0.4 a 1.8
N nitrito (g-1)	0 a 70
N amoniacal (g-1)	0 a 30
Fósforo total (%)	0.15 a 0.50
Azufre total (%)	0.3 a 0.9
Potasio (%)	0.25 a 1.0
Calcio (%)	2 a 12
Mg (%)	0.5 a 2.5
Conductividad (mS/cm)	6 a 15

Nota. La tabla representa la composición del compost proveniente de residuos sólidos urbanos del sector terciario. Tomado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620586010.pdf>

Adicionalmente, se evalúan los residuos de la agroindustria panelera, siendo el sector más importante en la economía del país después de la producción del café, sin embargo, la globalización en el mercado ha obligado a la reducción de costos y a la responsabilidad del medio ambiente con la identificación de componentes socio ambientales (biótico, abiótico y antropológico) que se ven afectados por cada uno de los impactos de los procesos llevados a cabo para la producción de la panela (Ordoñez y Rueda, 2017), dentro de los impactos que puede causar esta agroindustria se encuentra la contaminación atmosférica debido a las emisiones de las fuentes principales en el proceso de combustión de bagazo y otros materiales como la leña y llantas, eliminando óxidos de nitrógeno y óxidos de carbono, en segundo lugar se encuentra la contaminación el agua conocida como aguas dulces por su contenido de sacarosa,

contaminación del suelo y vertimientos causando un desbalance de nutrientes y el agotamiento del recurso hídrico (Cárdenas, 2019).

Así mismo se evidencian los residuos generados en el sector azucarero, los cuales se pierden durante el corte y la recolección en relación a la biomasa producida, considerándolo en la mayoría de los casos como basura (Guerrero, 2017), es por esa razón que hoy en día se han buscado diferentes estrategias para utilizar ese bagazo en el cubrimiento de calles del terreno de cultivo, aportes nutritivos y orgánicos para preservar las propiedades fisicoquímicas del suelo, promoción de actividad microbiana y funcionamiento como alimento para el ganado (Ávila, 2021).

Estos desechos provenientes del sector secundario, aunque en muchas ocasiones no son orgánicos (provenientes de la industria), pueden ser aprovechados para la producción o degradación de productos para satisfacer las necesidades de las personas, dejando a un lado lo tradicional y utilizarlos para la innovación de fuentes que minimicen la contaminación ambiental generada por estos productos.

1.2.3 Sector terciario

Dentro de este sector se encuentran los residuos generados en el comercio, transporte, educación y el sector financiero (UCO, s.f), los cuales, gracias a sus procesos de funcionamiento de la materia prima utilizada en cada uno de estos, no se consideran como tal para este estudio.

En primer lugar, los residuos generados por el sector de la salud pueden llegar a ser tóxicos y contaminantes con base a la sustancia que se haya utilizado en estos implementos, tales como jeringas, asas, entre otras, los cuales deben tener un tratamiento especializado con base a la normativa y separados de acuerdo al grado de peligrosidad de los mismos.

Así mismo, el sector del transporte y el comercio al ser servicios en los cuales las personas pueden satisfacer sus necesidades, en muchas ocasiones estos dejan a un lado el cuidado al medio ambiente por las emisiones de gas que estos generan al no realizarse un control y verificación de los mismos, de igual manera los empaques o los paquetes que se implementan en el comercio pueden llegar a ser contaminantes debido a su largo periodo de degradabilidad, trayendo consigo problemas ambientales tanto para las personas que están directamente relacionado como en el entorno.

En la Tabla 8 se presenta una recopilación de la información de la caracterización e identificación de los RSO usados para la producción y obtención del biogás para la minimización de la contaminación que estos generan al medio ambiente, evidenciándose en primer lugar que los residuos sólidos orgánicos para aprovechar en mayor cantidad en la obtención del biogás son los residuos generados en el sector primario provenientes de la explotación ganadera y actividad pesquera gracias a sus características nutricionales en azufre, nitrógeno, fósforo y potasio y en segundo lugar se encuentra los residuos generados en el sector secundario, los cuales al verificar la agroindustria panelera, sector azucarero y la industria de alimentos principalmente con el uso del bagazo y compostaje como biomasa para la generación de nuevos productos en la minimización del impacto ambiental y económico en el sector. Por otro lado, se encuentran los residuos del sector terciario que, aunque pueden ser aprovechables, estos no presentan características esenciales para ser usados en la generación de biogás debido a su contenido de toxicidad y peligrosidad de su actividad anterior (sector de la salud, transporte y comercio).

Tabla 8*Recopilación de datos caracterización e identificación de RSO para la producción de biogás*

Sectores Productivos en Colombia	Sectores industriales pertenecientes al sector	Residuos generados en el sector para ser aprovechados en la industria	Características esenciales de los residuos generados en el sector	Fuente
Sector Primario	Explotación ganadera	Residuos frescos provenientes de las heces del ganado vacuno, equino, porcino, ovino y aves	Materia seca y nutrientes mayoritarios tales como nitrógeno, óxido de magnesio, azufre, óxido de fósforo y óxido de potasio principalmente.	Reyes, 2017
	Actividad pesquera	Algas	Nutrientes provenientes del suelo en la planta proveniente de la actividad pesquera tales como nitrógeno, potasio y fósforo, teniendo una descomposición fácil y eficaz.	Reyes, 2017
Sector Secundario	Industria de alimentos, maderas, pieles, entre otras	Compostaje	Utilizando residuos provenientes del suelo (sector primario) y uso directo de lodos para la eliminación de características indeseables, con nutrientes de potasio, fósforo, azufre, calcio, magnesio, materia orgánica y ácidos.	Ramos, 2005
	Agroindustria panelera	Bagazo	Minimización del impacto ambiental en la producción de la panela y emisiones de las fuentes de producción, este residuos contiene nutrientes tales como nitrógeno, potasio y fósforo.	Ordoñez, 2017 y Cárdenas, 2019
	Sector azucarero	Biomasa producida en el proceso y bagazo	Gracias a sus características nutricionales (fósforo, nitrógeno y potasio) se ha utilizado para recubrimiento de calles, terreno nutritivo y funcionamiento para la alimentación del ganado.	Guerrero, 2017 y Ávila, 2021
Sector Terciario	Sector de la salud	Implementos contaminantes como jeringas, asas, entre otras	Sus características y uso van de la mano con regulaciones de toxicidad y peligrosidad del RESPEL	UCO, s.f
	Sector del transporte y comercio	Empaques plásticos	Sus características y uso van de la mano con verificación y control de los contaminantes generados por su degradación.	UCO, s.f

Nota. La tabla representa la recopilación de información obtenidos de los RSO generados en el sector primario, secundario y terciario para la producción de biogás. Tomado de: Autoría propia con base en la información mencionada anteriormente.

2. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE GENERACIÓN DE BIOGÁS

En este apartado se toman a consideración las generalidades sobre la producción de biogás, tales como su proceso de producción, beneficios que trae consigo su aplicación tanto social, económico y ambiental, procesos biológicos de generación de biogás y el uso de biogás y digestato, con el fin de conocer los beneficios de esta fuente de energía renovable utilizando los desechos sólidos orgánicos producidos en las diferentes industrias a nivel nacional y darle solución a esta a partir de planes de mejora continua y alternativas de solución en donde se minimice la contaminación ambiental y la acumulación de estos en el entorno.

2.1 Proceso de producción de biogás por digestión anaeróbica

La producción del biogás es una de las alternativas de mejora para la minimización del impacto ambiental a causa de la acumulación de residuos sólidos orgánicos, para su obtención se han implementado biodigestores en los cuales se controla la presión, temperatura, pH y sólidos totales presentes en el proceso y así mismo remover los contaminantes y componentes que puedan alterar el producto, siendo tóxico para la salud de quien lo produce y utiliza con consecuencias en el impacto ambiental.

2.1.1 *Material biológico*

Para llevar a cabo el proceso de producción de biogás se toman a consideración desechos agroindustriales como lo son desechos de frutos, plantas o los provenientes de la ganadería como lo es el estiércol y purines (Reyes, 2017), específicamente del ganado vacuno y porcino, siendo necesario su recolección a tempranas horas para que como afirma León et. al (2019) “la mezcla permanezca un tiempo dentro del tanque de mezclado para posteriormente introducirla en el digestor” (p.1020).

En la Tabla 9 se identifican los diferentes residuos orgánicos usados en la producción de biogás en relación al origen de cada uno de estos.

Tabla 9*Residuos orgánicos de diversos orígenes*

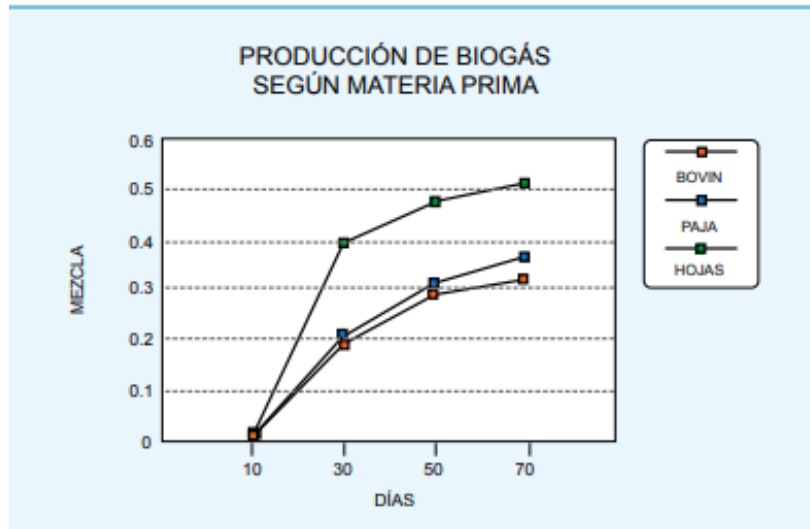
Origen del residuo	Tipo de residuo
Residuo de origen animal	Estiercol, orina, guano, camas, residuos de mataderos (sangre y otros), residuos de pescados.
Residuo de origen vegetal	Malezas, rastrojos de cosechas, pajas, forraje en mal estado.
Residuo de origen humano	Heces, basura, orina.
Residuos agroindustriales	Salvado de arroz, orujos, cosetas, melazas, residuos de semillas.
Residuos forestales	Hojas, vástagos, ramas y cortezas.
Residuos de cultivos acuáticos	Algas marinas, jacintos y malezas acuáticas.

Nota. La tabla representa los residuos orgánicos de diversos orígenes del sector primario. Tomado de: Varnero, M. (2011). Manual del biogás. Consultado el 26 de octubre de 2021. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

En cuanto a la composición del biogás con base en la materia prima seleccionada, el contenido de metano se encuentra en un 50 a 80%, dióxido de carbono entre 20 a 50%, hidrogeno entre 0 a 2%, amoniaco en trazas y monóxido de carbono, nitrógeno, oxígeno y sulfuro de hidrogeno en un 0 a 1% (CEIC, 2011). Como se puede evidenciar en la Figura 4, se relaciona la producción de biogás con base en desechos provenientes de bovinos, paja y hojas, siendo los desechos de mayor proporción en el sector primario e implementados como compostaje, oxidantes y reducciones biológicas para la síntesis de moléculas ricas en energía (Varnero, 2011).

Figura 4

Producción de biogás según tipo de materia orgánica



Nota. La figura representa la producción de biogás a partir de la composición bioquímica de materia prima orgánica. Tomado de: Varnero, M. (2011). Manual del biogás. Consultado el 26 de octubre de 2021. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Adicionalmente, algunos estudios realizados por Rivera et. al en el año 2020 eligieron para su proceso residuos provenientes del estiércol y de la cosecha de tomates en el sector, tomando 20 kg en el cual el 45% era hojas, el 10% era residuos de tomate y el 45% restante eran tallos, obteniendo así la cantidad de sólidos totales, sólidos volátiles, pH y relación C/N en cada uno de estos como se evidencia en la Tabla 10 (Rivera et. al, 2020).

Tabla 10

Propiedades medidas de estiércol bovino y residuos de cosecha de tomate

Materias primas	Sólidos totales (%)	Sólidos volátiles (%)	pH inicial	Relación C/N
Estiércol	20.65	17.30	6.71	12.70
Residuos de cosecha de tomate	21.15	18.25	6.91	19.60

Nota. La tabla representa las propiedades del estiércol y los residuos de tomate obtenidos de la granja después de su estudio y análisis fisicoquímico. Tomado de: Rivera, R, et. al. (2020). Producción de biogás mediante codigestión de estiércol bovino y residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), *Rev. Int. Contam. Ambie*, 529-539. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v36n3/0188-4999-rica-36-03-529.pdf>

Posteriormente, se procede a predecir la cantidad de biogás que se producirá en relación a la edad del residuo orgánico proveniente de los animales, siendo pequeños, medianos o grandes, siendo el estudio realizado por Lozano en el año 2015 como se muestra en la Tabla 11 (Lozano, 2015).

Tabla 11

Producción de biogás por edad del animal

Clasificación	Biogás (m ³ /kg)	Biogás (m ³ /día)
Pequeño	0.07	0.07
Mediano	0.07	0.11
Grande	0.07	0.14

Nota. La tabla representa la producción de biogás por edad del animal del grupo porcino. Tomado de: Lozano, M. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. *Revista electrónica Nova Scientia*. 7(15), 96-115. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n15/2007-0705-ns-7-15-00096.pdf>

2.1.2 Proceso de codigestión

El equipo usado para la obtención del biogás son los biodigestores anaeróbicos de tipo tubular con flujo continuo para mezclar el residuo orgánico seleccionado con un proceso de filtrado para evitar que trozos muy grandes entren al proceso y puedan alterar el producto de interés o dañar el equipo (León et. al, 2019). En algunas ocasiones estos codigestores pueden tener una capacidad de 2.4 L generalmente con el 10% de sólidos totales en base seca, estos como afirma Rivera et. al (2020) “está equipado con una salida de gas en la parte superior y una salida de líquido en la parte inferior para toma de muestras” (p.531).

El proceso de producción de biogás se divide en cuatro pasos: hidrólisis, acidificación y formación de metano, en el cual se involucran bacterias de fermentación o acidogénica, acetogénica y metanogénica. (ENRES, 2018).

2.1.2.i Hidrólisis. En la hidrólisis, la materia orgánica es degradada por la acción de microorganismos en materia orgánica soluble generando sustratos para la etapa siguiente al proceso de producción de biogás (FAO, 2019). Reyes (2017) en su estudio menciona que la “hidrolisis depende fundamentalmente de la temperatura del proceso, tiempo de retención hidráulico, de la composición del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), del tamaño de partícula, pH y concentración de amoniacó” (p.67).

Las proteínas usadas en el proceso son usadas como fuente de carbono y energía para darle un valor elevados a los aminoácidos presentes, adicionalmente la tasa de hidrolisis como menciona Navarro (2016) “aumenta con la temperatura y depende del tamaño de partículas, debido fundamentalmente a la disponibilidad de superficie para la adsorción de las enzimas hidrolíticas” (p.16).

2.1.2.ii Acidogénesis y Acetogénesis. Por otro lado, se encuentra la acidificación y la acetogénesis en el cual distintos grupos de microorganismos, siendo estas bacterias fermentativas, procesando la materia orgánica proveniente del proceso de hidrólisis y convirtiéndola en ácidos grasos inferiores (ECO GmbH, 2021), liberando principalmente

hidrógeno, dióxido de carbono y acetato (FAO,2019), formando al mismo tiempo pequeñas cantidades de ácido láctico, alcoholes y ácido acético (ECO GmbH, 2021).

De acuerdo con Reyes (2017) “las bacterias formadoras de ácidos o acidogénicas son bacterias de crecimiento rápido, en comparación con los otros grupos implicados en la digestión anaerobia” (p.68), estas bacterias están en gran proporción en la naturaleza y pueden ser facultativas u obligadas dependiendo de la producción de hidrógeno, creciendo autotróficamente en condiciones bajo dióxido de carbono para la obtención de acetato (Reyes, 2017).

En esta etapa con base a estudios realizados por Reyes (2017), se demuestra que “los monómeros liberados anteriormente son degradados mediante reacciones fermentativas, en donde los compuestos orgánicos funcionan como aceptores y donadores de electrones” (p.68).

2.1.2.iii Metanogénesis. Y por último se encuentra la formación de metano, más conocida como la etapa de metanogénesis, en el cual los microorganismos presentes en el proceso toman dos vías metabólicas diferentes, siendo estas la vía acetoclástica para transformar el ácido acético en metanol y dióxido de carbono y la vía hidrogenotrófica transformando el hidrógeno y el dióxido de carbono en metanol (FAO, 2019).

En esta etapa, como menciona Reyes (2017) “la mayoría de los organismos metanogénicos son capaces de utilizar el hidrógeno como aceptor de electrones, mientras que dos géneros son capaces de utilizar el acetato” (p.69), considerando el 70% de metano a partir del acetato producido en la etapa anterior, mientras que el 30% se obtiene a partir del dióxido de carbono y el hidrogeno (Reyes, 2017).

El biogás obtenido al estar en energía química, necesita pasar a energía calorífica para ser usado en la industria como combustible, representando un ahorro energético y económico para el estado en función de los barriles de petróleo que sustituirá esta nueva fuente de energía para la generación de recursos (Lozano, 2015), como se observa en la Tabla 12.

Tabla 12

Producción total de energía eléctrica estimada

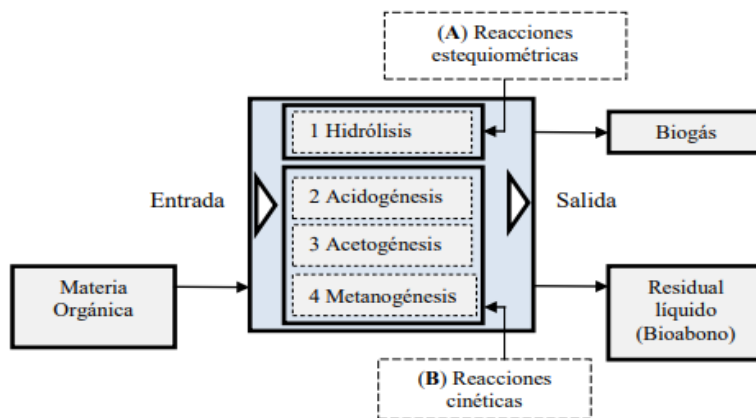
	Pequeño	Mediano	Grande	Total
Volumen de biogas (m3/día) x 10 ³	26.6	49.6	18.9	95.1
Total Energía Eléctrica/día MWh	44.4	82.8	31.6	158.8
Total Energía Eléctrica/año GWh	16.2	30.2	11.5	58

Nota. La tabla representa la producción total de energía eléctrica estimada para el biogás obtenido. Tomado de: Lozano, M. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. *Revista electrónica Nova Scientia*. 7(15), 96-115. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n15/2007-0705-ns-7-15-00096.pdf>

En la Figura 5 se describe el proceso de producción del biogás con las etapas mencionadas anteriormente divididas en 2 grupos (A y B), siendo el grupo A en donde ocurren las reacciones estequiometrias del proceso y en el grupo B las reacciones cinéticas del mismo (Suárez, 2019).

Figura 5

Esquema general del proceso de simulación

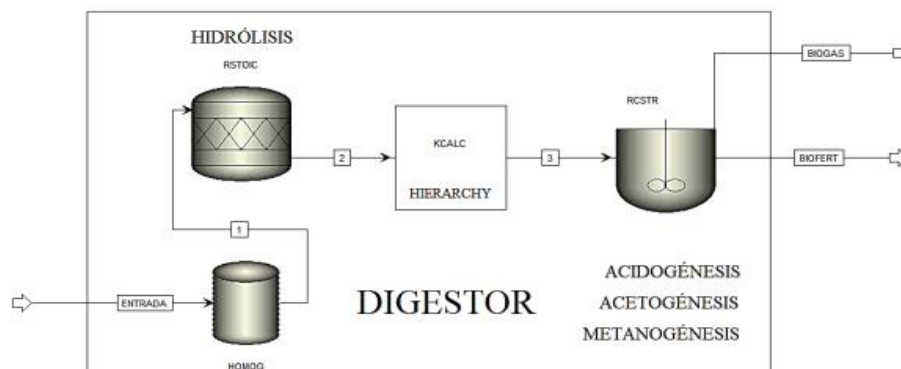


Nota. La figura representa el esquema general del proceso de simulación en la obtención de biogás. Tomado de: Suárez, V, et. al. (2019). Estimación de la producción de biogás a partir de un modelo de simulación de procesos. *Revista centro azúcar*, 46, 73-85.

De igual manera, sí se quiere conocer el comportamiento del proceso con base a la corriente de alimentación y el proceso para evidenciar la rentabilidad y el costo operacional del mismo, se procede a realizar el proceso en un simulador siendo este en su mayoría Aspen, en el que el bloque calculador de la conversión final de biogás es determinado a partir de las reacciones estequiometrias y cinéticas llevadas a cabo en relación a las condiciones de operación del mismo obteniendo el diagrama de proceso mostrado en la Figura 6 (Suárez, 2019).

Figura 6

Análisis de la materia orgánica utilizada en los biodigestores

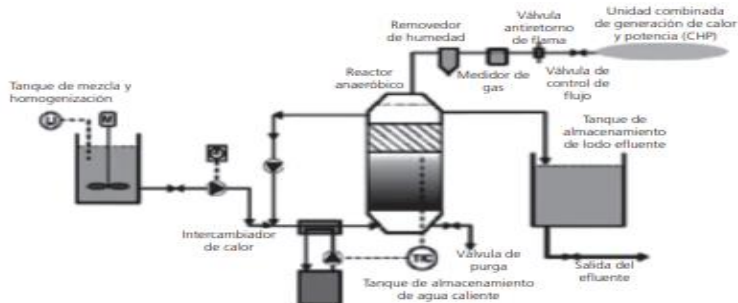


Nota. La figura representa los resultados obtenidos de los análisis de la materia orgánica utilizada en los biodigestores utilizados para la producción de biogás. Tomado de: Suárez, V, et. al. (2019). Estimación de la producción de biogás a partir de un modelo de simulación de procesos. *Revista centro azúcar*, 46, 73-85.

Y así mismo, al desarrollarlo a planta piloto en donde se los estudios llevados a cabo computacionalmente, toman a consideración residuos cítricos y estiércol de bovino con un alto grado de metano en el producto de interés para el cálculo de la energía neta generada en los parámetros óptimos de proceso en digestión anaeróbica como se evidencia en la Figura 7 (Cendales y Jiménez, s.f).

Figura 7

Esquema general de funcionamiento de la planta piloto



Nota. La figura representa el Esquema general de funcionamiento de la planta piloto que se utilizó como referencia para establecer el modelo energético. Tomado de: Cendales, E y Jiménez, S. (s.f). Modelamiento computacional de la producción de energía renovable a partir del biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino. *rev. esc. adm. neg.*, 77, 42-63. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n77/n77a02.pdf>

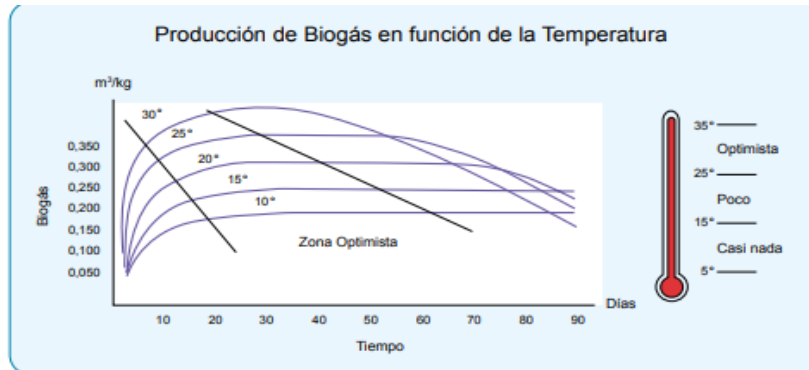
2.1.3 Condiciones y factores de operación

Dentro de las condiciones de operación en el proceso de producción del biogás se encuentra la temperatura, pH, los cuales son evaluados en el funcionamiento del biodigestor.

2.1.3.i Temperatura. Durante el tiempo de producción del biogás se debe tener en consideración el microorganismo usado para este, siendo en la mayoría de los casos de régimen mesófilo estando en un rango de 20 – 40 °C lo que asegura de acuerdo con Reyes (2016) “valores óptimos de eficiencia de producción y tiempo de resistencia, las bacterias son estables y producen sedimentos de alta calidad como fertilizantes” (p.18), lo cual demuestra en la Figura 8 un rango óptimo de temperatura entre 20 – 35°C de monitoreo dando como resultado una disminución en la formación de burbujas y un valor agregado al biogás obtenido (Hernández et. al, 2017).

Figura 8

Producción de biogás en función de la temperatura



Nota. La figura representa la producción de biogás en función de la temperatura del proceso. Tomado de: Varnero, M. (2011). Manual del biogás. Consultado el 26 de octubre de 2021. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

2.1.3.ii pH. Durante el proceso de fermentación del biogás el grado de acidez dentro del biodigestor alcanza rangos entre 6 y 8 como se evidencia en la Figura 9, lo cual permitió de acuerdo con Reyes (2016) que se “diera la fermentación anaerobia y no se inhibiera el proceso fermentativo, debido a que valores por debajo de 5 y por encima de 8 se corre el riesgo de inhibir el proceso de fermentación o incluso detenerlo” (p.18) y también una retención de ácido acético e hidrógeno en el proceso al tener pH bajos y sí este es elevado ocasionará la formación de amoníaco, teniendo que ajustarlos según sea el caso para que el proceso no sufra alteraciones ni el microorganismo muera (Hernández et. al, 2017).

Figura 9

pH de biodigestor en la producción del biogás



Nota. La figura representa el comportamiento del grado de acidez con el tiempo de retención en el biodigestor usado para la obtención de biogás. Tomado de: Reyes, E. (2016). Producción de biogás a partir de Biomasa, *Adaptación al cambio climático*, 11-22. <https://repositorio.unan.edu.ni/6466/1/237-880-1-PB.pdf>

2.1.3.iii Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Es definido como “la cantidad de oxígeno usado por los microorganismos no fotosintéticos a una temperatura de 20°C, para metabolizar los compuestos orgánicos degradables biológicamente (Reyes, 2017, p.71), mostrando una alta aceptación en las fuentes de carbono usadas en el proceso de producción de biogás para que los microorganismos lo usen para su crecimiento y desarrollo como energía y síntesis con un aproximado de 90 a 95% presente en el agua residual (Reyes, 2017).

2.1.3.iv Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se define como “la cantidad de oxígeno que se quiere para oxidar completamente por medios químicos los compuestos

orgánicos a dióxido de carbono y agua” (Reyes, 2017, p.72), para llevar a cabo este análisis se tiene en cuenta la cantidad de nutrientes que son degradables como fuentes de carbono y concentración de sustrato (Reyes, 2017).

2.1.3.v Relación DBO y DQO. Este parámetro es usado para la biodegradabilidad del agua residual del proceso, estableciendo la presencia de contaminantes degradables y no degradables de materia orgánica (Reyes, 2017).

Sin embargo, el proceso de biogás anaerobio no permite obtener la calidad de efluente deseada para la remoción de sólidos en suspensión y de la relación DBO/DQO necesaria para la estabilización de lodos (Briseño, 2017).

2.1.3.vi. Humedad. Esta condición de operación se remueve a temperaturas mayores a 104°C en relación al peso inicial y final de la materia prima (Reyes, 2017). Briseño (2017) recomienda que “para lograr un mayor rendimiento de biogás es necesario que los residuos involucrados en codigestión cuenten con un contenido de humedad mayor al 80%” (p.78).

2.1.3.vii. Sólidos totales. Es el peso de la materia prima después de ser sometida a secado conteniendo alrededor del 30% de humedad en relación a sólidos volátiles y sólidos fijos en el proceso (Reyes, 2017).

Experimentalmente, Navarro (2016) menciona que “se ha demostrado que una carga en digestores semicontinuos no debe tener más de entre un 8% y un 12% de sólidos totales para asegurar el buen funcionamiento del proceso, a diferencia de los digestores discontinuos, que tienen un 40 a 60% de sólidos totales” (p.21).

A continuación, en la Tabla 13 se evidencia la recopilación de la información mencionada anteriormente con la materia prima utilizada para su obtención, etapas de proceso y condiciones de operación para llevar a cabo el proceso de producción de biogás, en el cual la materia orgánica que se implementa en mayor proporción para este proceso son

los residuos provenientes del sector primario, siendo estos estiércol y residuos de frutos para ser aprovechados y darles un valor agregado con el fin de disminuir la contaminación generada por la acumulación de estos en el entorno.

Por otro lado, se analiza las etapas del proceso anaeróbico de la producción del biogás dividida en cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis en donde el microorganismo utiliza la materia prima como fuente de carbono para su crecimiento y formación de diferentes compuestos con ayuda del hidrógeno y el dióxido de carbono formado para obtener en mayor medida el metano, siendo el componente principal para que el biogás sea considerado como combustible.

Y por último se evalúan las condiciones y factores de operación para obtener el producto de interés tomando como referencia la temperatura estando en un rango de 20 a 35°C en régimen mesófilo, siendo los microorganismos con mejor eficiencia para llevar a cabo el proceso, pH entre 6 y 8 por la misma razón mencionada anteriormente, demanda química y bioquímica de oxígeno, sólidos totales y la humedad.

Tabla 13

Recopilación de datos producción de biogás por digestión anaeróbica.

Generalidades del proceso	Aspectos importantes del proceso	Fuente	
Etapas de proceso de producción del biogás	Levado a cabo en biodigestores de tipo tubular con flujo continuo.	León et. al, 2019	
	Materia prima se degrada por la acción de microorganismos.	FAO, 2019	
	Depende de la temperatura de proceso, tiempo de retención y composición del sustrato. Tamaño de partícula en relación a la disponibilidad de superficie.	Reyes, 2017; Navarro	
	Bacterias fermentativas procesan la materia orgánica convirtiendola en ácidos grasos inferiores, con la liberación de hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético.	ECO GmbH, 2021; FAO, 2019	
	Las bacterias son de crecimiento rápido en comparación con otros procesos de digestión anaerobia.	Reyes, 2017	
	Es la etapa de formación de metano, en donde los microorganismos toman vías diferentes para formar ácido acético y dióxido de carbono. Son capaces de usar el hidrógeno como aceptor de electrones, mientras que otros dos géneros son capaces de usar el acetato.	FAO, 2019 Reyes, 2017	
Condiciones y factores de operación	El biogás producido representa un ahorro energético y económico en función de la generación de recursos.	Lozano, 2015	
	Desechos agroindustriales como desechos de frutos y purines especialmente del ganado porcino.	Reyes, 2017	
	Materia prima	Desechos provenientes de bovinos, paja y hojas del sector primario. Residuos de cosecha de tomate y estiércol. Residuos orgánicos de animales de acuerdo a la edad.	Varnero, 2011 Rivera et. al, 2020 Lozano, 2015
	Temperatura	Se usan microorganismos de régimen mesófilo con un rango de 20 a 40°C. Rango óptimo en 20 a 35°C con un monitoreo para la disminución de la formación de burbujas.	Reyes, 2016 Hernández et. al, 2017
	pH.	El biodigestor puede alcanzar rangos de 6 a 8 Grado de acidez bajo ocasionará la retención de ácido acético e hidrógeno y valores elevados darán formación de amoniaco.	Reyes, 2016 Hernández et. al, 2017
	DBO	Cantidad de oxígeno usado por microorganismos a 20°C.	Reyes, 2017
	DQO	Cantidad de oxígeno para oxidar los compuestos orgánicos a dióxido de carbono y agua para degradar fuentes de carbono y concentración de sustrato.	Reyes, 2017
	Relación DBO y DQO	Usado para la degradabilidad de agua residual de materia orgánica. El biogás en ocasiones no permite obtener calidad de efluente en la estabilización de lodos.	Reyes, 2017 Briseño, 2017
	Humedad	Se remueve a temperaturas mayores de 104 °C. Para darle valor agregado al biogás el contenido de agua en los residuos debe ser mayor al 80%.	Reyes, 2017 Briseño, 2017
	Sólidos totales	Peso de la materia prima después de ser sometido a secado con un 30% de humedad. Los biodigestores deben contener entre 8 y 12% en sólidos totales.	Reyes, 2017 Navarro, 2016

Nota. En esta tabla se evidencia la recopilación de los aspectos más importantes de la producción de biogás a partir de digestión anaeróbica. Tomado de: Autoría propia con base a la información mencionada anteriormente.

2.2. Beneficios del biogás

El biogás, al ser una fuente de energía renovable no convencional, presenta diferentes beneficios a nivel social, económico y ambiental para la minimización de contaminantes en el entorno y la generación de empleo, con el fin de cambiar la percepción y la calidad de vida de los consumidores.

2.2.1 Beneficios sociales

Dentro de los beneficios sociales que trae consigo la producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos de acuerdo con Rodríguez y Bolaños (2017):

“La producción de biogás, combustible limpio para las actividades diarias del ser humano en el área rural, específicamente en aquellas áreas donde el acceso es difícil y no se cuenta con energía convencional, razón por la cual pueden ser producidos donde se necesite, se obtiene bioabono líquido (biol) fertilizante, ideal para enriquecer los nutrientes del suelo y mejorar los campos dedicados a la producción y disminución de olores ofensivos, vectores (plagas) y enfermedades” (p.26).

Así mismo, los proyectos del biogás llevados a cabo en la industria, traen consigo la generación de trabajo en el mismo y la energía que se produce conlleva al aumento potencial de nuevos procesos productivos en la zona, con el fin de mitigar el desempleo en el país con una producción más limpia, amigable con el medio ambiente (Castro, 2016) y la desigualdad de género (Sánchez, 2020).

Gracias a esto, las personas provenientes de dichas áreas pueden obtener beneficios en oferta y demanda, no solo en beneficio propio sino también un beneficio colectivo, trayendo consigo la obtención de fuentes renovables que sean amigables con el medio ambiente a partir de residuos sólidos que ellos mismos generan en sus fincas, las cuales en vez de acumularlas y desecharlas, se pueden usar como compost y humus para la producción de alternativas que satisfagan las necesidades de las personas y así mismo llegar a tener una alta competitividad en el mercado, no solo por sus productos de excelente calidad para la canasta familiar, sino también en la iniciativa de promover

recursos renovables llevando consigo ahorros energéticos y económicos y ambientales en los hogares colombianos.

Adicional a esto, se crea una concientización en las personas en el buen uso de estos residuos sólidos generados en la industria o los generados en el hogar, dicha estrategia va de la mano con las tres R que aunque a lo largo de los años se ha hablado de ellas, poco se lleva a cabo ya que las personas piensan únicamente en su propio beneficio y no en los demás, tal es caso de la basura generada diariamente y no se deposita en los recipientes que son con el pretexto de “hay una persona encargada de eso, no es mi trabajo”, dicho pensamiento trae consigo una barrera entre lo tradicional y lo moderno, alternativas de solución que aunque se piensen y estén plasmadas, estas nunca se llevarán a cabo por el egocentrismo y la intolerancia del entorno en que se vive.

2.2.2 Beneficios económicos

Dentro de los beneficios económicos que trae consigo la producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos de acuerdo con Rodríguez y Bolaños (2017) son:

“El uso de materias primas para la producción de energía que de otra forma se consideran residuos o cuya desaparición y destrucción conlleva costes adicionales, es indudablemente un factor relevante, la producción de biogás genera ahorro en el uso de energía convencional, combustibles y de uso en fertilizantes para las actividades en el área rural, producción de biogás a partir de RSO, constituyente esencial para la disminución del calentamiento global, obtención de fertilizante natural a bajo costo (biol), rico en nutrientes y de gran influencia” (p.26).

Como se mencionó anteriormente, las características del biogás generado contienen un valor agregado como fertilizante y en la mejora de suelos usado como abono o biosólido, con el fin de obtener ahorro energético y en los costos de operación de la actividad agrícola (Castro, 2016).

Además del beneficio que el uso de residuos sólidos trae a las industrias para la producción de biogás y otras fuentes renovables no convencionales, se evidencia

también un ahorro significativo en costos operaciones de proceso en la obtención de estos nuevos productos, generando alternativas que minimicen la contaminación ambiental generada ya sea por polímeros o por la industria en general, dichas alternativas buscan en la mayoría de los casos buscar alternativas de degradación del material con ayuda del compostaje o de humus para que la vida útil de estos sea más corta que la llevada a cabo convencionalmente.

Aunque estos procesos pueden traer consigo alta demanda en cuanto a los costos de los residuos al momento de tratarlos, dicha relación representa un costo beneficio al momento de conocer bien el proceso y conocer las propiedades y características de cada residuo utilizado, en otras palabras, lo que antes representaba pérdidas en el producto interno bruta del país o la demanda y oferta de productos, ahora puede generar una competitividad en el mercado donde las industrias puedan utilizar dichos residuos en beneficio de su proceso usado como materia prima o para la implementación de nuevos productos que satisfagan las necesidades de las personas y así disminuir la contaminación ambiental causada por la acumulación de estos en el país, así como también beneficios energéticos al ser un proceso de producción de energía neta (Sánchez, 2020).

2.2.3 Beneficios ambientales

Dentro de los beneficios ambientales que trae consigo la producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos de acuerdo con Rodríguez y Bolaños (2017) son:

“Reducción de la problemática ambiental por la contaminación de fuentes hídricas, suelos y afectación de la salud pública a nivel rural, el biogás es una energía renovable y sostenible que contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (calentamiento global), disminución del volumen de residuos sólidos orgánicos a disponer, preservación y conservación del paisaje y proliferación de vectores e insectos y reducción de fertilizantes químicos que se aplican al suelo” (p.26).

Adicional a esto, el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos representa una alternativa para la disminución de contaminantes al medio ambiente como lo es la

emisión descontrolada de metano proveniente de la ganadería y la concentración de CO₂ en la atmósfera (Castro, 2016), ya que estos al ser producidos en gran cantidad por las diferentes industrias al país, en muchas ocasiones se deja en el olvido, obteniendo día a día acumulaciones de este material, aparte de la mejora del medio ambiente, también representa sostenibilidad y crecimiento al país con la concientización y el respeto por el entorno donde las empresas son las que más se benefician en este proceso, no solo por las auditorías y certificaciones que puedan tener en ISO 14001:2015, sino también en el beneficio que le trae al mercado la implementación de recursos que sean renovables, reutilizables y reciclables, es allí donde comienza la cadena de cambio del estereotipo que hoy en día habita, generando no solo competitividad en el mercado sino una mejor calidad de vida para las generaciones futuras que son las que se verán más afectadas por la contaminación ambiental que se genera.

Por otro lado el uso de estos minimiza la contaminación generada en los ecosistemas y en el aire que se respira minimizando la deforestación y la mitigación en la contaminación del agua generado por desechos del sector primario (Sánchez, 2020); en el caso de Colombia, la contaminación atmosférica y ambiental es tan alta que en pocos lugares se puede evidenciar la calidad de vida que se tenía hace unos años, es por ello que implementar estrategias de mejora continua para la producción de fuentes renovables no convencionales ayudarán a mejora el ecosistema tanto de los seres humanos como el de los seres vivos, los cuales no tendrán que pagar por la arrogancia de otros, esto hace referencia al mal manejo que se le da al hábitat de estos últimos, malgastando los recursos y generando residuos que lo único que hacen es acabar con la vida de los animales y las plantas que viven allí.

Procesos como el compostaje, humus y producción de fuentes renovables no convencionales serán clave para el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados, representando no solo un avance ambiental sino también social, económico y de calidad de vida en donde no solo se satisfagan las necesidades de las personas sino también sean un punto de partida para concientizar a las personas de la disposición final de los

residuos que estos generan para ser utilizados como materia prima para la obtención de productos amigables con el medio ambiente.

La Tabla 14 representa la recopilación de la información mencionada anteriormente sobre los beneficios sociales, económicos y ambientales que trae consigo la obtención de biogás al medio ambiente y al entorno, los cuales al ser utilizados los RSO del sector primario de manera adecuada para la producción del producto de interés generará un combustible limpio para suplir las necesidades del ser humano con la producción de biabono y fertilizantes, con el fin de obtener un ahorro energético, costos de operación de la actividad agrícola y disminución en el impacto ambiental al ser un proceso de producción de energía neta, trayendo consigo la reducción de fuentes hídricas, suelos y salud pública de las personas, conservación del paisaje en la disminución de contaminantes y emisiones generadas por el metano y dióxido de carbono en la atmosfera y la protección del ecosistema y deforestación al obtener una fuente de energía amigable con el medio ambiente.

Así mismo se evidencia que el proceso de producción de biogás logra una disminución en el desempleo del país y la desigualdad de género con el aumento potencial de nuevos procesos productivos de la zona con una nueva alternativa de satisfacer las necesidades de los consumidores con una fuente de energía renovable no convencional con desechos agroindustriales que dan valor agregado a la industria.

Tabla 14

Recopilación de datos aspectos sociales, económicos y ambientales del proceso de producción del biogás

Aspectos a evaluar en la producción del biogás	Beneficios que trae consigo el aspecto estudiado	Fuente
Beneficios Sociales	Combustible limpio para actividades diarias del ser humano, se produce biabono para enriquecer nutrientes del suelo y mejorar campo de producción.	Rodríguez y Bolaños, 2017
	Generación de empleo y aumento potencial de nuevos procesos productivos de la zona.	Castro, 2016
	Disminuir la desigualdad de género.	Sanchez, 2020
Beneficios Económicos	Producción de energía, ahorro en el uso de energía convencional y disminución del calentamiento global.	Rodríguez y Bolaños, 2017
	Valor agregado como fertilizante obteniendo ahorro energético y costos de operación de la actividad agrícola.	Castro, 2016
	Beneficios energéticos al ser un proceso de producción de energía neta.	Sanchez, 2020
Beneficios Ambientales	Reducción de la contaminación de fuentes hídricas, suelos y afectación de la salud pública rural, disminución de gases de efecto invernadero, volumen de residuos sólidos orgánicos, conservación del paisaje y reducción de fertilizantes químicos aplicados al suelo.	Rodríguez y Bolaños, 2017
	Disminución de contaminantes al medio ambiente como la emisión de metano y dióxido de carbono a la atmósfera.	Castro, 2016
	Minimización de contaminación generada en los ecosistemas y en el aire que se respira minimizando la deforestación y mitigación del agua por desechos del sector primario.	Sanchez, 2020

Nota. En esta tabla se evidencia la recopilación de los aspectos más importantes de los aspectos sociales, económicos y ambientales que trae consigo el proceso de producción de biogás. Tomado de: Autoría propia con base a la información mencionada anteriormente.

2.3 Tipos de digestores y sus aplicaciones

Grisales y Arellano (2017) menciona que “la digestión anaeróbica es el proceso por el cual la materia orgánica se descompone por acción de microbios en ausencia de oxígeno hasta obtener biogás, siendo un biocombustible producido a partir de residuos orgánicos” (p.2).

El proceso de digestión anaerobia está compuesto por cuatro etapas descritos anteriormente en el proceso de producción de biogás, dado en primer lugar por la degradación de materia orgánica, siendo este en la mayoría de los casos residuos sólidos orgánicos vía anaerobia por determinadas bacterias, este proceso se puede llevar a cabo tanto de forma seca como de forma húmeda dependiendo la finalidad y la composición del producto final que se desee (Grisales y Arellano, 2017).

A nivel mundial muchos países han tomado la iniciativa de desarrollar plantas de producción de biogás usando digestión aerobia como forma alternativa para la generación de energía eléctrica. “En Colombia la empresa Biogás Doña Juana en colaboración con CarbonBW (compañía que compra el 100% de las acciones de la primera en 2013)” (Doña Juana, s.f) se toma la labor además de producir certificados de reducción de emisiones y la generación de biogás a partir de los residuos generados en el relleno sanitario Doña Juana (Doña Juana, s.f).

Como menciona Grisales y Arellano (2017) “la producción de biogás, conlleva un proceso bioquímico complejo en el que diferentes especies de microorganismos, siendo en su mayoría bacterias, están implicados en el proceso” (p.11), las bacterias presentes en el proceso de digestión se evidencian en la Tabla 15.

Tabla 15*Bacterias que participan en el proceso de fermentación*

Taxonomía	Especies	Descripción	Metabolismo
Acetobacterium	A. Woodii A. Pludosum	El género Acetobacter comprenden un grupo de bacilos Gram negativos, móviles que realizan una oxidación incompleta de alcoholes, produciendo una acumulación de ácidos orgánicos como productos finales.	Reducen autotróficamente compuestos poliméricos, oligómeros, monómeros y CO ₂ utilizando el hidrogeno como fuente de electrones. Estos microorganismos hacen posible la descomposición de los ácidos grasos y compuestos aromáticos.
Eurobacterium	E. rectale E. Siracum E. Plautii E. Cylindrides E. Brachy E. Desmolans E. Callandrei E. Limosum	El género Eubacterium consiste en un grupo de bacterias anaeróbicas obligadas Gram positivas.	La mayoría de los Eubacteria sacarolíticas producen butirato como el principal producto de su metabolismo. Varias especies son capaces de descomponer sustratos complejos a través de mecanismos especiales. Algunas especies se desarrollan autotróficamente de manera que son capaces de cumplir funciones específicas en la descomposición anaeróbica.

Nota. La tabla representa las bacterias presentes en el proceso de producción de biogás. Tomado de: Grisales, S y Arellano, G. (2017). *Análisis comparativo sobre las tecnologías de la digestión anaerobia húmeda y seca*. [tesis pre, Universidad de San Buenaventura]. http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/6131/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20sobre%20las%20tecnolog%C3%ADa_Stephanie%20Grisales%20R_2017.pdf

A continuación, se establecen las funciones y ventajas de los procesos de digestión anaerobia seca y húmeda para la producción de biogás, un biocombustible a partir de residuos sólidos orgánicos, describiendo las diferentes etapas de proceso para cada uno de estos y las alternativas de soluciones para la disminución de emisiones y contaminantes que traen consigo los procesos llevados a cabo convencionalmente.

2.3.1 Digestión seca

Una alternativa para disminuir costos en ciclo operativo y productivo de planta, es a través de la digestión anaerobia seca (Grisales y Arellano, 2017), también denominado digestión anaerobia en estado sólido con un contenido de sólidos de 20 – 40% (Hernández et. al, s.f.) y degradándose en ausencia de oxígeno en digestores sellados.

Este proceso se da en un solo paso, en un único digestor y desarrollado por lotes (Grisales y Arellano, 2017), en el cual la biomasa es procesada en el tanque por un tiempo de retención definido, necesitando más del 30% de biomasa seca para su funcionamiento, trabaja a temperaturas mesófilas o termófilas y no necesita de componentes móviles (ENRES, 2018), el producto saliente de este proceso contiene un alto porcentaje de metano frente al sulfuro de hidrógeno (Grisales y Arellano, 2017).

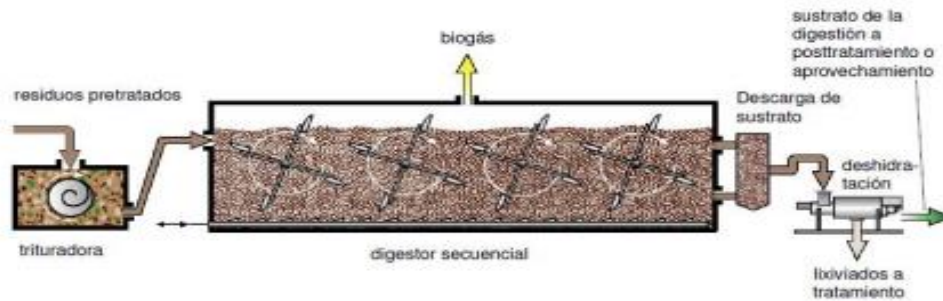
Este proceso resulta eficaz para la disminución de consumo de agua en el tratamiento de biomasa, obteniendo una disminución de los efluentes involucrados y consumo calorífico al culminar el proceso (Grisales y Arellano, 2017), dando como resultado la disminución de costos operativos del mismo.

De igual manera, Grisales y Arellano (2017) menciona que “el digestor horizontal maximiza la superficie de salida del biogás, se puede variar la altura de carga del digestor y el tiempo de residencia para equilibrar diferencias en la recepción de residuos, recirculación de fangos de sensibilización al proceso biológico y la mineralización de materia fresca, el piso móvil de tecnología como Linde, transporta los sedimentos en el digestor asegurando que los inertes no se acumulen en el biodigestor, sistema modular permitiendo la ampliación posterior de la planta para la alimentación semicontinua del reactor sin necesidad de hidratar” (p.9), disminuyendo así los costos de transporte de los residuos sólidos y el impacto ambiental que estos provocan en el agua y en el aire (Hernández et. al, s.f.).

A continuación, se muestra en la Figura 10 la tecnología Linde, una de las tecnologías implementadas actualmente en la digestión anaerobia seca.

Figura 10

Tecnología Linde para la digestión anaerobia seca



Nota. La figura representa el proceso de digestión anaerobia seca bajo la tecnología Linde. Tomado de: Grisales, S y Arellano, G. (2017). *Análisis comparativo sobre las tecnologías de la digestión anaerobia húmeda y seca*. [tesis pre, Universidad de San Buenaventura].

http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/6131/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20sobre%20las%20tecnolog%C3%ADa_Stephanie%20Grisales%20R_2017.pdf

En cuanto al proceso de digestión seca se encuentran ciertas técnicas para el mejoramiento del mismo, en primer lugar, se lleva a cabo la inoculación donde “la carga es inoculada usando digestato o lixiviado para acelerar la reacción del proceso”, mejorando la eficiencia de la digestión en el reactor con el fin de disminuir el tiempo de retención de sólidos (Grisales y Arellano, 2017, p.10). El segundo proceso es la co-digestión con mezclas de distintas materias primas en la alimentación para el control de la relación C/N durante el proceso, el cual proporciona un mejor balance de nutrientes, minimización de componentes peligrosos para optimizar las características geológicas del sustrato (Grisales y Arellano, 2017). En tercer lugar, se encuentra el pretratamiento para “incrementar la solubilidad del sustrato y acelerar el proceso de hidrólisis”, en donde se incluye la separación física de la fracción orgánica de la inorgánica, reducción del tamaño de la partícula, adición de inoculantes y tratamiento con ácidos y por último se encuentra la percolación y aditivos para la producción de biogás (Grisales y Arellano, 2017), con el fin de disminuir un 20-30% el volumen de desechos direccionados a botaderos y rellenos sanitarios de la ciudad (Hernández et. al, s.f.).

2.3.2 Digestión húmeda

Grisales y Arellano (2017) afirma que “por lo general, las plantas de biogás operan a concentraciones de sustrato inferiores al 15% lo cual se conoce comúnmente como digestión anaerobia húmeda, la operación de la planta a condiciones humedad conlleva un alto consumo de agua el cual representa una afectación al medio ambiente y el tratamiento de secado posterior requiere una adición de energía para evaporar los efluentes, lo que se traduce en el aumento de los costos de proceso por servicio de calentamiento” (p.2).

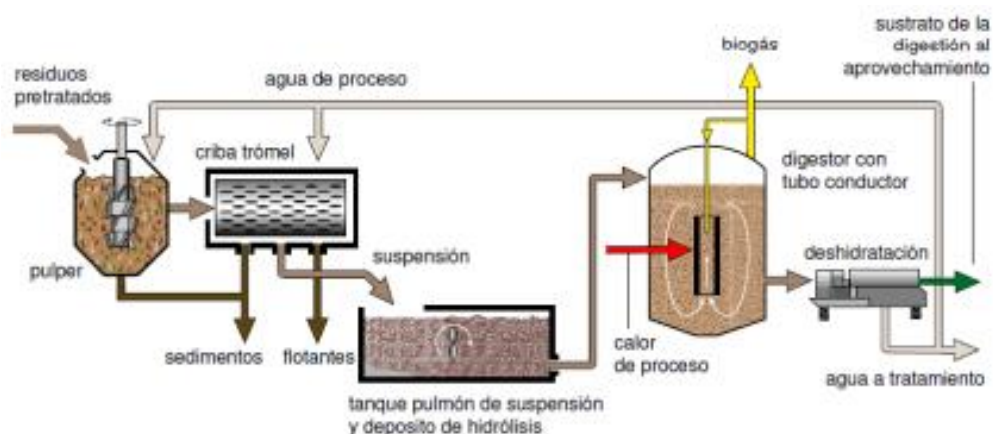
Además, en relación al volumen de agua necesario en este tipo de procesos, es necesario el uso de biorreactores de un mayor tamaño realizando una mayor inversión en el proyecto, viéndose reflejado en los elevados costos de construcción del biodigestor y en su sistema (Grisales y Arellano, 2017) en el proceso de producción de biogás. Para ello, la biomasa sólida es diluida utilizando aguas tratadas o biomasa líquida para proveer de sustrato al biodigestor, actuando en un reactor CSTR de forma continua con un rango de materia seca entre 6 – 15% y con temperaturas mesófila y termófila (ENRES, 2018), siendo usado principalmente en plantas de tratamiento de aguas y residuos agroindustriales (Hernández et. al, s.f).

El desarrollo de nuevas tecnologías trae consigo el mejoramiento del balance de energía y rendimiento económico a diferencia del proceso con digestión anaerobia seca, lo cual facilita el manejo de residuos urbanos que se caracterizan por un importante contenido de contaminantes y humedad (Grisales y Arellano, 2017), siendo la tecnología más usada por su amplio rango de sustratos aprovechables en este proceso (ENRES, 2018), así mismo Grisales y Arellano (2017) menciona que la digestión por vía húmeda “efectúa una enorme remoción adicional de contaminantes por pretratamiento en húmedo, se apresuran los procesos de transferencia de masa y energía en un sistema líquido con homogeneización continua los cuales estimulan un óptimo metabolismo biológico, facilita la liberación del biogás ya que las burbujas formadas se separan de las células bacterianas y de los sólidos suspendidos sin dificultades y con alta eficiencia,

disminución de olores por transformación inmediata de los residuos a la fase líquida y uso de contenedores cerrados, empleo de bombas estándar y reactor con diseño simple, reactores CSTR, alta disponibilidad de la planta y seguridad de operación, tamponaje (buffer) y estabilización del sistema por la etapa de hidrólisis que facilita la alimentación semicontinua del reactor, lo que proporciona medición y regularidad de los parámetros del proceso en esta fase” (p.9), como se evidencia en la Figura 11.

Figura 11

Tecnología Linde para la digestión anaerobia húmeda



Nota. La figura representa el proceso de digestión anaerobia húmeda bajo la tecnología Linde. Tomado de: Grisales, S y Arellano, G. (2017). *Análisis comparativo sobre las tecnologías de la digestión anaerobia húmeda y seca*. [tesis pre, Universidad de San Buenaventura].

http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/6131/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20sobre%20las%20tecnolog%C3%ADa_Stephanie%20Grisales%20R_2017.pdf

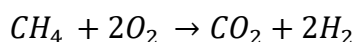
2.4 Uso del biogás y del digestor

La producción de biogás con ayuda de digestores, ha tenido un gran auge en la industria, no solo para la generaciones de nuevos procesos y mecanismos de mejora sino también la minimización del impacto ambiental que las fuentes de energía convencionales ocasionan al ambiente, para ello se desarrollan procesos en los cuales los microorganismos son los principales actores en la obtención de este combustible valioso,

realizándose ya sea de forma seca o húmeda como se mencionó anteriormente dependiendo del objetivo, operación y costos que se dispongan para ello, sin embargo resulta satisfactorio conocer la composición, valor agregado y las diferentes aplicaciones del biogás para tener un entorno sostenible y amigable con el medio ambiente.

2.4.1 Composición

En primer lugar, el biogás es usado para la producción de energía térmica gracias a la reacción exotérmica de la combustión del metano (Martín, 2018):



La composición del biogás varía en relación a la forma en la que se obtiene, sin embargo, para ser considerado como combustible, debe tener a consideración los siguientes rangos de los componentes principales: metano con un rango de 40-70% en volumen, dióxido de carbono entre 30-60% y otros compuestos tales como el sulfuro de hidrogeno, amoniaco, hidrogeno, nitrógeno y oxígeno en un 7% (Pico, 2018).

Adicionalmente, el requerimiento de aire mínimo que requiere la reacción mencionada anteriormente es del 21%, la cual debe aumentarse para lograr que el proceso se dé de una manera más eficaz, la relación aire-gas puede ser optimizada en relación a la presión del aire, aumentando la apertura de la válvula dosificadora de gas ya que el biogás como Varnero (2011) menciona “requiere de una apertura 2 a 3 veces mayor a la utilizada por el metano puro y modificando la geometría del aso de aire desde el exterior” (p.55).

A continuación, se evidencia en la Tabla 16 una comparación de la energía equivalente o valor energético del biogás en relación con otras fuentes de energía tradicional que se usan en la actualidad.

Tabla 16*Energía equivalente (valor energético) Biogás Vs Otras fuentes*

Valores	Biogas	Gas natural	Gas Propano	Gas Metano	Hidrogeno
Valor Calorífico (kwh/m3)	7	10	26	10	3
Densidad (t/m3)	1.08	0.7	2.01	0.72	0.09
Densidad con respecto al aire	0.81	0.54	1.51	0.55	0.07
Limite de exposición (% de gas en el aire)	6 a 12	5 a 15	2 a 10	5 a 15	4 a 80
Temperatura de encendido	687	650	470	650	585
Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0.31	0.39	0.42	0.47	0.43
Requerimiento teórico de aire (m3/m3)	6.6	9.5	23.9	9.5	2.4

Nota. La tabla representa la energía equivalente del biogás en comparación con otras fuentes de energía tradicionales. Tomado de: Varnero, M. (2011). Manual del biogás. Consultado el 26 de octubre de 2021. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Del mismo modo se evalúa la determinación de la demanda química de oxígeno, determinación de nitrógeno y fósforo total, determinación de carbono orgánico en el alimento y análisis microbiológico con base a los microorganismos presentes en el proceso (Soto et. al, 2017).

La productividad sostenible en el manejo de la fertilidad natural del suelo del efluente, permite minimizar la relación de fertilizantes químicos y así mismo disminuir los costos operacionales y producción del impacto ambiental gracias a su alto contenido en micronutrientes, nitrógeno y fosforo (Soto et. al, 2017).

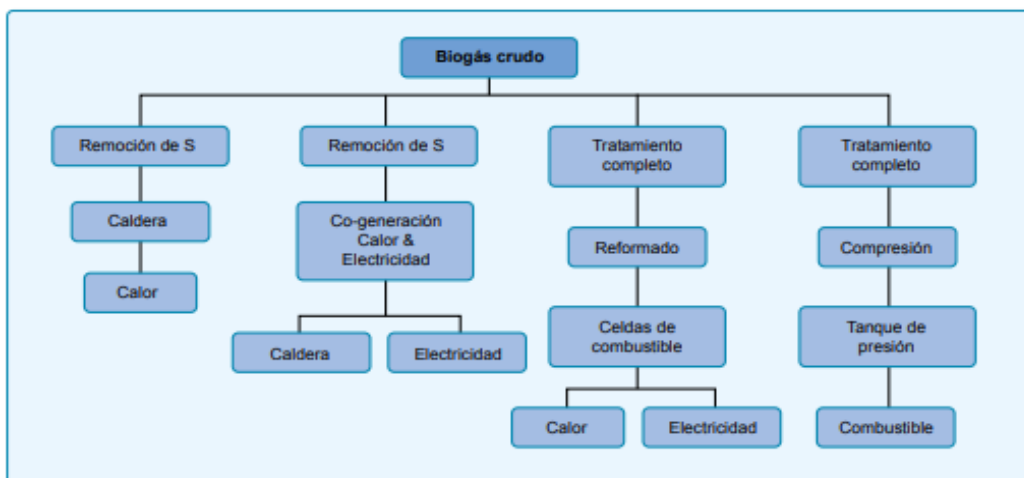
Varnero (2011) menciona que “la comparación entre los distintos tipos de abono orgánico (compost-abono), basados en aspectos de productividad de los componentes de la rotación leguminosa-cereal indicarían ventajas para la adición de compost en cuanto a niveles de nitrógeno disponibles (bioabono), velocidad de mineralización (bioabono) y efectos sobre aspectos físicos del suelo (compost)” (p.74), siendo utilizados para la producción de gas metano, en recursos del hogar tales como calefacción e iluminación, con el fin de minimizar la contaminación generada por el estiércol sin un tratamiento previo en compañía de otros desechos provenientes del sector primario (Universo porcino, 2011).

2.4.2 Valorización

Uno de los valores agregados que se pueden obtener de la generación de biogás es su proceso de purificación, el cual con base en sus aplicaciones puede ser usado en usos industriales y comerciales como calentador hasta en el proceso de tratamiento de aguas residuales (Andrade et, al. 2018) y se distinguen en relación del contaminante removido (Navarro et. al, 2017), dicho proceso implica la eliminación de gran parte de componentes contaminantes tales como el sulfuro de hidrogeno, azufre, dióxido de carbono y siloxanos que alteran el producto de interés a obtener (Vega y Silva, 2020).

Figura 12

Alternativas de utilización del biogás y sus requerimientos de purificación



Nota. La figura representa las alternativas de utilización del biogás y sus requerimientos de purificación con base a la aplicación realizada. Tomado de: Varnero, M. (2011). Manual del biogás. Consultado el 26 de octubre de 2021. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

En primer lugar, como afirma Varnero, (2011) se toma a consideración la remoción de dióxido de carbono, el cual debe tener en cuenta la “concentración mínima requerida, bajo consumo de material absorbente o adsorbente, disminución de contaminantes ambientales significativos, siendo disponible y de bajo costo” (p.58), dando un valor calorífico y agregado al producir biometano a partir de procesos como los descritos por

Navarro et. al (2017) “absorción, adsorción, tecnologías de membrana o tecnologías criogénicas” (p.214).

Para la eliminación del dióxido de carbono es necesario usar un lavado a presión con base en las condiciones de temperatura y pH, siendo este último el de mayor importancia ya que al estar en un pH mayor a 10.3, el dióxido de carbono estará en una menor concentración para lograr su eliminación efectiva (Campuzano, 2017) con la ayuda de disolventes orgánicos como metanol o polietilenglicol (Navarro et. al, 2017).

Por otro lado, la adsorción de dióxido de carbono sobre sólidos totales o carbón activado, resulta ser más compleja al necesitar para su funcionamiento temperaturas elevadas y variación de presión (Navarro et. al, 2017), es por ello que en la industria se lleva a cabo la destilación criogénica presentando un punto de ebullición de -78°C para el dióxido de carbono y -106°C para el metano, usando condensación y destilación fraccionada a bajas temperaturas (alrededor de -160°C) (Navarro et. al, 2017), brindando una valorización al biogás obtenido para usarse en el transporte (Pellegrini et. al, 2017). En relación a lo mencionado anteriormente, estos dos compuestos presentes en el biogás pueden disolverse de una forma más rápida que los componentes hidrofóbicos tales como los hidrocarburos, para este proceso, se utiliza la absorción, en donde el biogás es alimentado por la parte inferior de la columna (10-12 bar), mientras que el flujo ascendente pasa a través del material de empaque, transfiriendo el dióxido de carbono al agua caliente obteniendo un biogás con porcentaje de metano mayor al 95% (Varnero, 2011).

Sin embargo, la tecnología de diafragma también es un proceso utilizado en la remoción de impurezas del biogás con ayuda de soluciones de sosa caustica y amina, tal es el caso de los diafragmas difusionales con gran desempeño en la industria en relación con la estructura molecular de los compuestos a evaluar, el material del diafragma determina la selectividad del proceso para separar el dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre en una o dos etapas (Hernández, 2021), con el fin de obtener como

afirma Navarro et, al (2017) “alta resistencia térmica y química, resistencia a la erosión y larga vida útil” (p.215).

Para lograr una mayor eficacia del proceso, se utiliza una solución de sosa cáustica como solvente para sulfuro de hidrógeno y soluciones de amina de dióxido de carbono operando a bajas presiones. Además de esto también se puede encontrar la mineralización y biomineralización separando el dióxido de carbono a través de reacciones químicas para la formación de carbonato de calcio utilizado como materia de construcción y la purificación criogénica del biogás permitiendo reducción de presión y la obtención de alta pureza de biogás, resultando ser muy costosos debido al costo energético que se necesita para ser llevado a cabo en la industria (Hernández, 2021), debido a la eficiencia de separación y resistencia térmica (Saha et. al, 2016).

Por otro lado, se encuentra la remoción de agua, necesitando para el proceso una humedad relativa menor al 60% para prevenir la generación de hidratos y corrosión por la condensación presentada (Navarro et. al, 2017), para ello se llevan a cabo una serie de procesos tales como: remoción del sulfuro de hidrógeno el cual al reaccionar con el vapor del agua puede ocasionar la producción de ácido sulfúrico y carbón activado actuando como catalizador convirtiendo el sulfuro de hidrógeno en azufre (Hernández, 2021).

Adicionalmente, se encuentra la desulfuración biológica, una alternativa en beneficio del medio ambiente utilizando microorganismos para la eliminación del sulfuro de hidrógeno u oxígeno y diferentes sólidos como lo son las zeolitas, carbón activado o esponjas de hierro (Navarro et. al, 2017), en relación a los carbones activados usados en la producción de biogás, estos ayudan en las propiedades y la capacidad retirada de este y en el caso de las zeolitas se evidencia en el deterioro de la capacidad absorbente en presencia de agua (Saha et. al, 2016). Para este proceso, el azufre actúa como donador de electrones y el oxígeno como aceptor de electrones en condiciones aerobias y de forma anaeróbica el ion nitrato actúa como aceptor de electrones, los principales

microorganismos utilizados para esta remoción son: *Beggiatoa*, *Xanthomonas*, *Chlorobium*, *Thiobacillus* y *Sulfolobus* (Hernández, 2021).

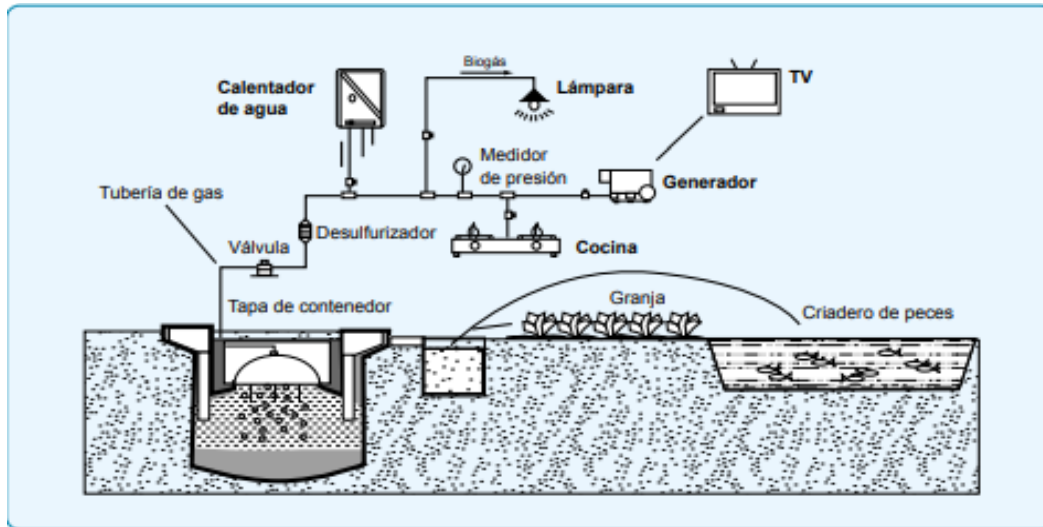
Otros procesos utilizados en la remoción de sulfuro de hidrógeno son la precipitación de sulfuros, la cual solo requiere un tanque de mezclado adicional y una bomba de dosificación, la adsorción en una solución férrica quelante con ayuda de un equipo que consta de agentes ligados al hierro (III) a una concentración de 0.01 a 0.05% en peso inyectando el biogás y el aire, absorción en compuestos de hierro en donde las masas de óxido o hidróxido de hierro quedan aglomeradas capa por capa en una torre desulfurada impregnados de lana de acero, adsorción en carbón activado utilizado cuando la generación de biogás libre de oxígeno presenta concentraciones medias y altas de sulfuro de hidrógeno, enlace químico con zinc implementado en plantas agrícolas pequeñas donde es posible la producción de biogás con mínimas concentraciones de sulfuro de hidrógeno, pasando el producto de interés por un cartucho de óxido de zinc (Hernández, 2021).

Por otro lado, las técnicas de purificación del biogás permiten la remoción del amoníaco presente en sus propiedades (Navarro et. al, 2017), el cual es esencial por su elevada solubilidad en agua en la eliminación de contaminantes como lo son el dióxido de carbono, con el fin de evitar costos operacionales en las demás etapas del proceso (Salihu y Alam, 2015).

En el proceso de obtención de biogás, es necesario disponer de ciertos equipos de distribución, purificación y tratamiento, generado en el biodigestor, con el fin de llevar este producto a diferentes fuentes de consumo y remover los contaminantes anteriormente para darle un mayor valor agregado al biogás como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Tendido de red de distribución



Nota. La figura representa la red de distribución para la eliminación de contaminantes presentes en el biogás Tomado de: Varnero, M. (2011). Manual del biogás. Consultado el 26 de octubre de 2021. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

2.4.3 Tipos de aplicaciones

La producción de biogás tiene múltiples aplicaciones en la industria, entre ellas se destacan la producción de calor o vapor, generación de electricidad o combinación de calor y electricidad y combustible para vehículos.

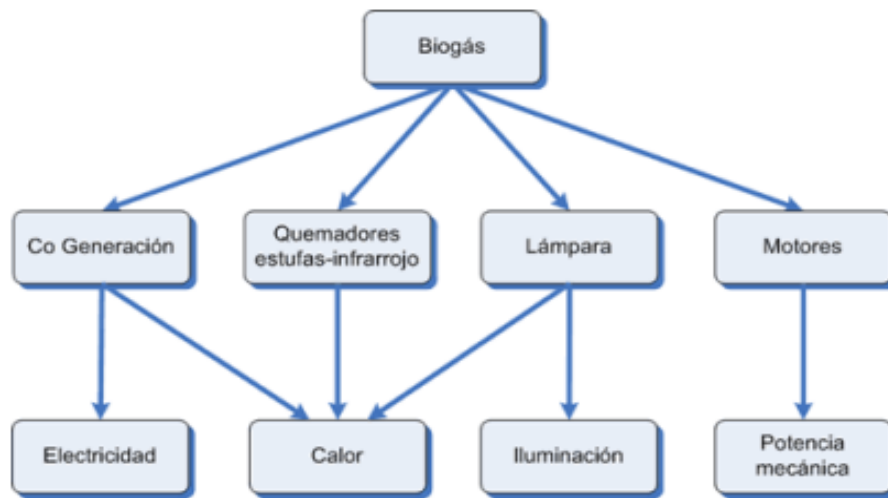
El uso más simple del biogás es para la obtención de energía térmica (calor), estos sistemas pueden proporcionar la energía calorífica para actividades básicas del hogar, para la iluminación, cocción y calefacción, empleando biodigestores de 2-16 m³, estos biodigestores pueden ser de manga tubular o semienterrados en relación a su ubicación, diseño y tipo de carga para su funcionamiento (Pabuena y Pascualino, 2014). Varnero (2011) menciona que “los quemadores de gas convencionales se pueden adaptar fácilmente para operar el biogás, simplemente cambiando la relación aire-gas. El requerimiento de calidad de biogás para quemadores es bajo, siendo necesario alcanzar una presión de gas de 6 a 25 mbar y mantener los niveles de sulfuro de hidrógeno inferiores a 100 ppm para conseguir un punto de rocío de 150°C” (p.56).

En segundo lugar, se encuentra la producción de electricidad o combinación de calor y electricidad, en donde estos son utilizados para la generación de combustible con la obtención de calor (Martín, 2018) y, en cambio otros sistemas combinados producen principalmente electricidad y el calor residual efectuados para calentar el agua del proceso, esto se logra aumentando la efectividad del mismo con la necesidad de remover los compuestos contaminantes mencionados anteriormente (Guillen, 2018) o como abastecimiento en zonas rurales o aisladas para el aprovechamiento de residuos orgánicos (Pabuena y Pascualino, 2014).

Por otro lado, se encuentra el biogás como uso en la industria del transporte para reemplazar el gas natural comúnmente utilizado como combustible (Guillen, 2018). El gas al ser un combustible, es usado como menciona Navarro (2016) “en motores de combustión interna tanto a gasolina como diésel, el gas obtenido por fermentación tiene un octanaje que oscila entre 100 a 110 lo cual lo hace muy adecuado para su uso en motores de alta relación volumétrica de compresión” (p.36), no obstante este debe estar retenido en cilindros entre 200 y 300 bar implicando una previa purificación antes de llevar a cabo su compresión, además, la conversión de los vapores es costosa y el peso de los cilindros minimiza la capacidad de carga en los medios de transporte (Navarro, 2016), representando un ahorro en el uso excesivo de combustibles fósiles o electricidad (Barrena et. al, 2019).

A continuación, se presenta un esquema en la Figura 14 de las diferentes producciones de fuente renovable que se pueden obtener a partir del uso del biogás.

Figura 14
Usos del biogás



Nota. La figura representa los diferentes usos del biogás en la industria. Tomado de: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>

Pabuena y Pascualino (2014) menciona que “los digestores de tipo industrial pueden ser utilizados como fuente de energía térmica en planta de ciclo combinado” (p.28), en la cual se aprovecha la biomasa natural y residual de los desechos generados para la generación de energía térmica para la cocción de los alimentos con un color azul ardiente (Barrena et. al, 2019), combustible de transporte, tratamiento de aguas residuales, agroindustrias (Pabuena y Pascualino, 2014), la producción de energía eléctrica proveniente del proceso de producción de biogás se relaciona con el calor y la electricidad generada por el combustible, en el cual Navarro (2016) menciona que “en ambos casos se aumenta la eficiencia del proceso si se utilizara el biogás solo para producir electricidad o calor, las turbinas de gas se pueden utilizar para la producción de calor y energía con una eficiencia comparable a los motores de encendido de chispa” (p.35), requiriendo de la remoción del sulfuro de hidrógeno por debajo de 100 ppm con una eficiencia mayor al 60% (Navarro, 2016).

Estas a su vez constituyen la base para el desarrollo de los microorganismos responsables de convertir los nutrientes del suelo gracias a su alto contenido en carbono

para la generación de biogás con ayuda de los biodigestores, obteniendo como afirma Venegas et. al (2019) “fuente de energía a bajo costo, ingresos adicionales a los agricultores de la zona, oportunidades de empleo, energía descentralizada, la reducción de la huella de emisiones de gas de efecto invernadero” (p.173) y así mismo tener altos rendimientos en el valor agregado de residuos dándoles una mayor utilidad en la obtención de energías renovables (Martín, 2018)

En la Tabla 17 se presenta la información en relación a las aplicaciones llevadas a cabo que le dan valor agregado al biogás con base en lo mencionado anteriormente en las que se encuentra la obtención de energía térmica supliendo las necesidades básicas del hogar, iluminación, cocción y calefacción con el uso de quemadores para operar el producto de interés, generación de electricidad usado en la industria para calentar el agua del proceso y usado como abastecimiento en zonas rurales en el aprovechamiento de residuos sólidos, sector del transporte sustituyendo el gas natural con la producción de biocombustibles con ayuda de biomasa y abono orgánico para minimizar el impacto ambiental con el ahorro generado en el uso de combustibles fósiles convencionales y por último se encuentra el desarrollo biotecnológico utilizando microorganismos para llevar a cabo el proceso usando los nutrientes como fuentes de carbono para su crecimiento, generando alternativas de solución que buscan no solo ser amigables con el medio ambiente sino también la minimización en la acumulación de RSO al entorno.

Tabla 17*Recopilación de datos aplicación del biogás en la industria*

Aplicaciones del biogás en la industria	Impacto del biogás	Fuente
Obtención energía térmica	Proporciona energía calorífica para actividades básicas del hogar, iluminación, cocción y calefacción.	Pabuena y Pascualino, 2014
	Uso de quemadores para operar la fuente de energía renovable no convencional (biogás).	Varnero, 2011
Generación de electricidad	Usado para la generación de combustible a partir del calor.	Martín, 2018
	Usado para calentar el agua del proceso la efectividad en contraste al biogás producido.	Guillen, 2018
	Usado en abastecimiento en zonas rurales y aprovechamiento de residuos orgánicos.	Pabuena y Pascualino, 2014
Sector del transporte	Usado para sustituir el gas natural en los vehículos.	Guillen, 2018
	Producción de biocombustible con ayuda de biomasa y abono orgánico.	Navarro, 2016
	Ahorro en el uso excesivo de combustibles fósiles o electricidad.	Barrena et. al, 2019
Desarrollo biotecnológico	Fuente de energía a bajo costo y oportunidades de empleo al reducir la huella de contaminación con procesos mediados por microorganismos.	Venegas et. al, 2019
	Altos rendimientos en la valorización de residuos dándole utilidad en la producción de energías renovables.	Martín, 2018

Nota. En esta tabla se evidencia la recopilación de las principales aplicaciones del biogás que le dan valor agregado al mismo. Tomado de: Autoría propia con base a la información mencionada anteriormente.

3. APLICABILIDAD DE LA NORMA ISO 14001:2015 EN UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS

En este apartado se analizarán las generalidades de la Norma ISO 14001:2015, su aplicación y la importancia de este en la gerencia para un sistema de mejora continua en la generación de biogás a partir de desechos orgánicos, los cuales brindarán una estrategia para las empresas y las generadoras de estos recursos en cumplimiento a la normativa en la minimización del impacto ambiental y económico a causa de la acumulación de los residuos sólidos orgánicos al medio ambiente.

3.1 Generalidades de la ISO 14001:2015

Como menciona ICONTEC (2015) “el propósito de esta Norma Internacional es proporcionar a las organizaciones un marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas” (p.i).

Un enfoque sistemático a la gestión ambiental puede proporcionar información a la alta dirección para generar éxito a largo plazo y crear opciones para contribuir al desarrollo sostenible con base a la protección del medio ambiente, mitigación de efectos adversos a las condiciones ambientales sobre la organización, apoyo en cumplimiento de requisitos legales, mejora del desempeño ambiental, control o influencia en el diseño, distribución y disposición final del producto, logrando beneficios financieros y operacionales en la implementación de alternativas ambientales que fortalezcan la organización en el mercado (ICONTEC, 2015, p.i)

Para que un plan de gestión ambiental se cumpla a cabalidad, debe existir un compromiso de todas las funciones y nivel de la organización bajo el liderazgo de la alta dirección, con el fin de aprovechar las oportunidades de prevenir o mitigar impactos ambientales adversos e incrementar los impactos ambientales beneficiosos (ICONTEC, 2015). Sin embargo, la adopción de esta Norma Internacional no garantiza en sí misma

resultados ambientales óptimos, siendo su aplicación diferente de una organización debido al contexto de la organización (ICONTEC, 2015), es decir, con base al enfoque en el cual la empresa va a enfocar un plan de gestión ambiental, ya sea para cumplir con el compromiso político y legal, ambiental o económico.

De acuerdo con ICONTEC (2015) “El nivel de detalle y complejidad del sistema de gestión ambiental variará dependiendo del contexto de la organización, el alcance de su sistema de gestión ambiental, sus requisitos legales y otros requisitos y la naturaleza de sus actividades, productos y servicios, incluidos sus aspectos ambientales y los impactos ambientales asociados” (p.ii).

Para llevar a cabo la eficacia del plan de gestión ambiental, ICONTEC (2015) “se fundamenta en el concepto PHVA, basado en planificar, hacer, verificar y actuar, el cual proporciona un proceso iterativo usado por las organizaciones para lograr la mejora continua, a continuación, se describe cada uno de estos pasos:

Planificar: Establecer los objetivos ambientales y los procesos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.

Hacer: Implementar los procesos según lo planificado.

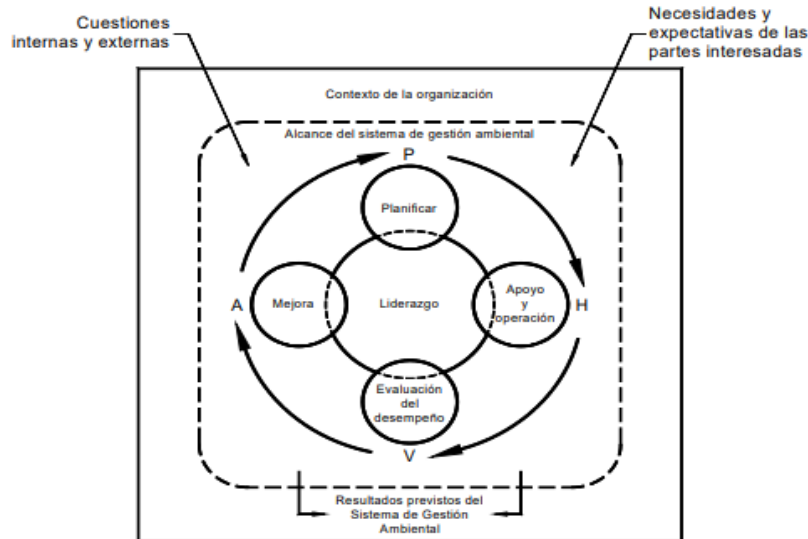
Verificar: Hacer el seguimiento y medir los procesos respecto a la política ambiental, incluidos sus compromisos, objetivos ambientales y criterios operacionales e informar de sus resultados.

Actuar: Empezar acciones para mejorar continuamente” (p.ii).

En la Figura 15 se evidencia el ciclo integral del modelo PHVA ayudando a las empresas y usuarios a su comprensión y llevarlo en funcionamiento con base al objetivo y metas propuestas por la organización.

Figura 15

Relación entre el modelo PHVA y el marco de referencia en la ISO 14001:2015



Nota. La figura representa los pasos para llevar a cabo una mejora continua con base al modelo PHVA. Tomado de: ICONTEC (23 de septiembre de 2015). Sistema de gestión ambiental, requisitos con orientación para su uso. Consultado el 02 de noviembre de 2021. https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015.pdf

Esta Norma Internacional es conforme con los requisitos de ISO para normas de sistemas de gestión. Estos requisitos incluyen una estructura de alto nivel, texto esencial idéntico y términos comunes con definiciones esenciales diseñados para beneficiar a los usuarios en la implementación de múltiples normas ISO de sistemas de gestión (ICONTEC, 2015). Dicha normativa contiene los requisitos utilizados para evaluar la conformidad ya que esta busca la confirmación de su conformidad por partes que tengan interés en la organización, buscar la confirmación de su auto declaración por una parte externa a la organización o buscar la certificación/registro de su sistema de gestión ambiental por una parte externa a la organización (ICONTEC, 2015).

3.1.1 Sistema de gestión ambiental

La Norma Internacional ayuda a una organización a lograr los resultados previstos de su sistema de gestión ambiental, con lo que aporta valor agregado al medio ambiente, a la propia organización y a sus partes interesadas. En coherencia con la política ambiental de la organización, los resultados previstos de un sistema de gestión ambiental incluyen: la mejora del desempeño ambiental, cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos y el logro de los objetivos ambientales (ICONTEC, 2015, p.1).

Sin embargo, la política no es generalizada ya que cada empresa con base a sus objetivos y su alcance la pueden adaptar de acuerdo a sus necesidades de competitividad en el mercado, siempre y cuando se le dé un buen uso a la disposición final de los residuos sólidos orgánicos, los cuales con base a sus propiedades y características pueden ser utilizados en los diferentes sectores de la industria.

Para un buen dimensionamiento del sistema de gestión ambiental es necesario tener claro los términos de sistema de gestión, sistema de gestión ambiental y política ambiental en referencia a los requisitos legales para la minimización de riesgos y generación de oportunidades en la organización en relación al impacto ambiental y económico que se esté obteniendo en el proceso, adicionalmente toda organización y plan de mejora continua debe contar con alta dirección, los cuales delegan las funciones y dan a conocer el propósito de la organización con ayuda de auditorías y capacitaciones para que todos vayan en la misma línea de planeación y con base a ello desarrollar productos amigables con el medio ambiente y en la disminución de peligros por parte de la parte interesada, es decir, los consumidores.

Además de ello, con base al soporte y operación de la organización, se evidencian algunos conceptos como lo es el ciclo de vida de un producto partiendo desde la obtención y procesamiento de materias primas hasta su disposición final, con el fin de evaluar y controlar el desempeño y el plan de mejora a llevar a cabo con la conformidad y no conformidad del producto, cumpliendo con altos estándares de calidad para

determinar si el producto es apto o no apto para ser usado e implementado en el mercado y si este presenta peligros al ser expuesto al medio ambiente, si esto resulta ser afirmativo, se generan estrategias para la disminución del impacto ambiental ya sea con el uso de microorganismos para degradar el producto, crear una nueva fuente de energía o la implementación de estos como materia prima en la industria.

Para que el sistema de gestión ambiental se lleve a cabo de la mejor manera, es necesario tomar acciones correctivas para su funcionamiento, ya sea con el monitoreo y evaluación de las actividades para satisfacer las necesidades del consumidor y los objetivos de la organización en altos estándares de calidad, evaluando así su desempeño en el cumplimiento de la normativa.

La organización, con base en ICONTEC (2015) “debe determinar las cuestiones externas e internas que son pertinentes para su propósito y que afectan a su capacidad para lograr los resultados previstos de su sistema de gestión ambiental. Estas cuestiones incluyen las condiciones ambientales capaces de afectar o de verse afectadas por la organización” (p.6), por la cual en comprensión de las necesidades de la organización ICONTEC (2015) “determina las partes interesadas que son pertinentes al sistema de gestión ambiental, las necesidades y expectativas pertinentes de estas partes interesadas o las que se convierten en requisitos legales y otros requisitos” (p.6).

Así mismo, ICONTEC (2015) determina el alcance del sistema de gestión ambiental en la cual “la organización debe considerar las cuestiones externas e internas de la organización, unidades, funciones y límites físicos de la organización, actividades, productos y servicios, su autoridad y capacidad para ejercer control e influencia, manteniendo la información documentada disponible para las partes interesadas” (p.7).

3.1.2 Liderazgo, compromiso y política ambiental

La alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso en relación con el sistema de gestión ambiental, por el cual se asume la responsabilidad, cumplimiento de las políticas

y objetivos ambientales, integración de requisitos de sistema de gestión ambiental, aprovechamiento de recursos, direccionamiento y apoyo a las personas presentes en el desarrollo de la mejora continua en el cumplimiento de sus funciones en las áreas de responsabilidad a su cargo (ICONTEC, 2015), ejecutado como un engranaje para el cumplimiento de los objetivos y metas que cada organización tenga establecidos en su alcance, dando como prioridad la preservación del medio ambiente con la minimización de residuos sólidos que se acumulan y no son aprovechados de la mejor manera.

Dentro de la política ambiental, ICONTEC (2015) menciona que “la alta dirección debe establecer, implementar y mantener una política ambiental que dentro del alcance definido de su sistema de gestión ambiental: debe ser apropiada al propósito y contexto de la organización, incluida la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios, propone un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos ambientales, incluir un compromiso para la protección del medio ambiente, incluida la prevención de la contaminación y otros compromisos específicos pertinentes al contexto de la organización, incluir un compromiso de mejora continua del sistema de gestión ambiental para la mejora del desempeño ambiental” (p.8).

En relación con lo mencionado anteriormente, la política ambiental de cada organización debe dar cumplimiento a la información documentada requerida con base a los productos ofertados por cada uno de ellos y así mismo establecer la disposición final de estos ya sea para uso como materia prima para la producción de otros productos para satisfacer las necesidades de los consumidores o para procesamiento en la obtención del producto realizado, esta política debe estar acorde de igual manera al alcance y el sistema de gestión ambiental en la resolución de problemas que puedan presentarse dentro de la empresa en la disposición final de productos ya que en muchas ocasiones, por el desconocimiento de la normativa y regulación, las empresas siendo el punto de partida no utilizan adecuadamente estos desechos generando costos de operación y aumento energético de los mismos.

3.1.3 Roles, responsabilidad y autoridades en la organización

ICONTEC (2015) menciona que “la alta dirección debe asegurarse de que las responsabilidades y autoridades para los roles pertinentes se asignen y comuniquen dentro la organización” (p.8), esto en relación al funcionamiento de la empresa como un engranaje, donde todos los miembros de la organización, al tener una función clara y establecida, hará que su área trabaje sin problema en la disminución y control del impacto ambiental y económico que se pueda generar, es allí donde se puede plantear el sistema de gestión ambiental por medio de indicadores de gestión en los cuales se verifique y se evalúe la tarea de cada uno de ellos en eficacia, eficiencia, efectividad y calidad, ya con esto establecido, se puede desarrollar un mejoramiento en los residuos que se pueden realizar dando cumplimiento a la normativa donde en un tiempo determinado se analizan los desechos generados, especialmente en las industrias que tengan relación con los residuos sólidos orgánicos, siendo este el producto de interés para así mismo disponer de estos de la mejora manera y dándoles un valor agregado en la integración energética en procesos industriales.

3.1.4 Planificación

Para llevar a cabo una adecuada planificación del sistema de gestión ambiental es necesario tener a consideración el alcance, políticas y objetivos de la organización, en la cual prime el aprovechamiento de residuos orgánicos en beneficio de nuevas fuentes renovables no convencionales como es el caso de la producción de biogás, siendo eficaz en el ahorro energético y el impacto ambiental que genera la acumulación de la materia prima sino se utiliza como debería ser, por tal razón es necesario que la empresa al momento de diseñar su plan de mejora continua, establezca acciones para abordar los riesgos y oportunidades que se le pueda presentar al momento de ejecutar el proyecto, los aspectos ambientales de acuerdo a la normativa y con ello llevar a cabo la planificación de acciones para satisfacer las necesidades de las personas en relación al producto de interés.

3.1.4.i Acciones para abordar riesgos y oportunidades. Para Icontec (2015) “la organización debe establecer, implementar y mantener los procesos necesarios para cumplir los requisitos de la normativa, al planificar el sistema de gestión ambiental, la organización debe considerar las políticas y el alcance de su sistema de gestión ambiental” (p.9). Así mismo se deben determinar los riesgos y oportunidades, los cuales necesitan abordarse de acuerdo con ICONTEC, (2015) para asegurar “que el sistema de gestión ambiental puede lograr sus resultados previstos, prevenir o reducir los efectos no deseados, incluida la posibilidad de que condiciones ambientales externas afecten la organización y lograr la mejora continua” (p.9).

ICONTEC (2015) menciona “dentro del alcance del sistema de gestión ambiental, la organización debe determinar las situaciones de emergencia potenciales, incluidas las que pueden tener un impacto ambiental” (p.10).

3.1.4.ii Aspectos ambientales. ICONTEC (2015) afirma “dentro del alcance definido del sistema de gestión ambiental, la organización debe determinar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que puede controlar y de aquellos en los que puede influir y sus impactos ambientales asociados, desde una perspectiva de ciclo de vida, cuando se determinan los aspectos ambientales, se deben tener en cuenta los cambios, incluidos los desarrollos nuevos o planificados y las actividades, productos y servicios nuevos o modificados” (p.9).

La organización debe determinar los aspectos que puedan presentar un impacto ambiental ya sea positivo o negativo, con el fin de tomar acción correctiva a los problemas que puedan causar y así mismo volverlo una oportunidad, evitando costos de operación, realizando un seguimiento conforme a las actividades realizadas debidamente documentado las características y propiedades del producto de interés y las materias primas con base al manejo, manipulación y disposición final de los mismos.

Con base a los requisitos legales y otros requisitos, ICONTEC (2015) afirma que “la organización debe determinar y tener acceso a los requisitos legales y otros requisitos

relacionados con sus aspectos ambientales, determinar cómo estos aspectos aplican a la organización y que estos se establezcan, implementen, mantengan y mejoren continuamente su sistema de gestión ambiental” (p.10)

3.1.4.iii Planificación de acciones. ICONTEC (2015) menciona que “la organización debe planificar la toma de acciones para abordar sus aspectos ambientales significativos, requisitos legales y los riesgos y oportunidades identificados anteriormente y la forma de integrar e implementar las acciones en los procesos de su sistema de gestión ambiental o en los procesos de negocio, evaluando la eficacia de las acciones” (p.10).

En cumplimiento con la planificación del sistema de gestión ambiental, la organización debe establecer objetivos para su cumplimiento, estos objetivos deben ser como afirma ICONTEC (2015) “coherentes, medibles, ser objeto de seguimiento, comunicarse y actualizarse según corresponda” (p.11), para ello ICONTEC (2015) menciona que “la organización debe considerar cómo se pueden integrar las acciones para el logro de sus objetivos ambientales a los procesos de negocio de la organización” (p.14).

3.1.5 Apoyo

La organización, al cumplir con los objetivos y alcance planteado en la minimización del impacto ambiental, debe determinar los recursos necesarios para el cumplimiento de los mismos, desarrollando competencias en cuanto a la experiencia y planeación de las actividades propuestas para cada miembro por medio de auditoría o capacitaciones y así mismo generar conciencia del impacto ambiental que la acumulación de residuos ocasionan al ambiente.

3.1.5.i Recursos. De acuerdo con ICONTEC (2015) “la organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión ambiental” (p.11).

3.1.5.ii Competencia. La organización con base a ICONTEC (2015) “debe determinar la competencia necesaria de las personas que realizan trabajos bajo su control, que afecte a su desempeño ambiental y su capacidad para cumplir sus requisitos legales y otros requisitos, asegurarse de que estas personas sean competentes, con base en su educación, formación o experiencia apropiadas, determinar las necesidades de formación asociadas con sus aspectos ambientales y su sistema de gestión ambiental, cuando sea aplicable, tomar acciones para adquirir la competencia necesaria y evaluar la eficacia de las acciones tomadas” (p.12).

3.1.5.iii Toma de conciencia. La organización de acuerdo con ICONTEC (2015) “debe asegurarse de que las personas que realicen el trabajo bajo el control de la organización tomen conciencia de los aspectos ambientales significativos y los impactos ambientales reales o potenciales relacionados con el trabajo, su contribución a la eficacia del sistema de gestión ambiental, incluidos los beneficios de una mejora del desempeño ambiental y la implicaciones de no satisfacer los requisitos del sistema de gestión ambiental, incluido el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos de la organización” (p.12).

3.1.5.iv Comunicación. Como afirma ICONTEC (2015) “la organización debe establecer, implementar y mantener los procesos necesarios para las comunicaciones internas y externas pertinentes al sistema de gestión ambiental respondiendo las preguntas que, cuando, a quien, como” (p.12).

A partir de esto, se debe establecer una comunicación interna y externa dentro de la organización ya que, al distribuir y fomentar los niveles y funciones de cada miembro, se asegura el cumplimiento de las tareas de cada área y así mismo evitar confusiones y problemas al aplicar el sistema de gestión ambiental con base a los requisitos y la normativa vigente.

3.1.5.v Información documentada. En relación a ICONTEC (2015) “el sistema de gestión ambiental debe incluir información documentada requerida determinada como necesaria para la eficacia del sistema de gestión ambiental” (p.27), al momento de actualizar la

información, se debe asegurar como menciona ICONTEC (2015) “la identificación y descripción, formato y revisión y aprobación con respecto a la conveniencia y adecuación, la cual debe ser controlada y protegida bajo confidencialidad, conservación y disposición” (p.14).

3.2 Operación sistema de gestión ambiental

Para llevar a cabo el estudio de la Norma ISO 14001:2015 en la generación de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos, se toma a consideración la planeación de una empresa ficticia de nombre **Biogás Residuos S.A**, la cual crea fuentes renovables no convencionales a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en el sector primario de la industria.

La empresa **Biogás Residuos S.A** a realizar el estudio tiene la siguiente misión:

Proporcionar a los consumidores fuentes renovables no convencionales amigables con el medio ambiente con altos estándares de calidad, utilidad y funcionalidad a partir del aprovechamiento de acumulación de residuos del sector primario en la industria.

La empresa **Biogás Residuos S.A** a realizar el estudio tiene la siguiente visión:

- Somos los productores de biogás más seguro y sostenible en el mercado, utilizando los residuos sólidos orgánicos como materia prima en su producción.
- Conectamos a nuestros consumidores en altos estándares de calidad, eficiencia, efectividad y eficacia con los productos que ofrecemos, generando un rendimiento sostenible y amigable con el medio ambiente.
- Somos líderes en el mercado, sustituyendo las fuentes de energía tradicionales que tanto daño hacen al medio ambiente con la generación de biogás minimizando la acumulación existente de residuos sólidos. orgánicos.

Los objetivos planteados para la empresa son los siguientes:

- Definir los principios y estrategias para la implementación de un sistema de gestión ambiental, encaminado a las actividades realizadas y relaciones interpersonales.
- Aumentar la participación en el mercado disminuyendo costos de los productos ofertados en relación con los competidores de la industria.
- Implementar tecnologías para la producción de fuentes renovables no convencionales que sean amigables con el medio ambiente y mejoren la calidad de los servicios.

En relación con lo mencionado anteriormente, se definen las políticas necesarias para el adecuado funcionamiento de la empresa basada en la integralidad de los trabajadores y todas las personas que están directa o indirectamente relacionadas con el proceso, ética, sostenibilidad y el cumplimiento de los derechos y deberes de cada uno de ellos como se evidencia a continuación:

- **Política global de sostenibilidad:** gracias al producto ofertado, la empresa cuenta con políticas de eficiencia energética en la reducción de costos de operación en sus procesos, basada en la economía circular aprovechando al máximo los recursos materiales, en este caso los residuos sólidos orgánicos provenientes del sector primario, alargando la vida útil del producto con la disminución del impacto económico y ambiental que las fuentes de energía tradicional han causado a lo largo de los años.
- **Política de calidad:** la calidad no solo se evalúa en la disposición final de los productos, sino también el control de este a lo largo del proceso, es por ello que se debe garantizar un excelente servicio y los mejores estándares de calidad para la producción de fuentes renovables no convencionales, siendo nuestra especialidad el biogás, con ayuda de capacitaciones del personal involucrado directamente en el proceso, así mismo si prioriza la salud y la seguridad de los mismos, generando un desarrollo sostenible con la implementación de las mejores prácticas industriales.

- **Código de ética:** la empresa promueve la diversidad y la inclusión, en el comportamiento íntegro, respetuoso y honesto de todos los trabajadores de la organización y así mismo denunciar cualquier comportamiento que atente contra esto. Para garantizar su cumplimiento es necesario respetar los principios de la empresa y los derechos humanos previstos en las leyes locales, en la cual ningún trabajador puede ser discriminado por razones de sexo, raza, orientación sexual, entre otros y así mismo ellos comportarse de manera íntegra y honesto, evitando comportamientos fraudulentos o lo relacionado a leyes de corrupción.
- **Política global del medio ambiente:** al ser nuestro producto de interés una nueva alternativa de mejora continua en la prevención y minimización de la contaminación global a causa de la acumulación de residuos sólidos orgánicos al entorno, es necesario implementar una política global del medio ambiente en relación a la Norma Internacional ISO 14001:2015 y la documentación HACCP que toda empresa debe tener en cuenta a la hora de desarrollar productos con la minimización del impacto ambiental, la implementación de esta política es un plus ya que va de la mano en cumplimiento con la misión y visión de nuestra compañía, con el fin de lograr sostenibilidad y competitividad en el mercado con altos estándares de calidad en la obtención del biogás para satisfacer las necesidades de las personas.
- **Política global de conflicto de intereses:** para nadie es un secreto que el ingreso de personas nuevas o personas antiguas que solo quieren causar daño son factores determinantes para el bienestar de la organización, el producto que se ofrece al ser innovador e ingenioso en la industria con la disminución del impacto ambiental sin implementarse a gran escala, es un aperitivo a nuevas industrias y competidores directos que pueden llegar a mejorar el biogás que estos se genera, esta política se basa en la confidencialidad y responsabilidad de la patente en la cual los trabajadores y colaboradores deben tener reserva de lo manejado en la empresa, velando por el bienestar interno y externo de su funcionamiento y así mismo establecer una relación de intereses en donde el trabajador que salga de la empresa por determinada razón no divulgue la información suministrada.

- **Proceso de quejas y reclamos:** esta política está basada en satisfacer las necesidades de nuestros clientes con altos estándares de calidad, eficiencia, efectividad y eficacia, sin embargo, en el transcurso de la competitividad en el mercado pueden aparecer diferentes solicitudes, quejas o reclamos de los consumidores ya sea por problemas en el la obtención del biogás, alteraciones en las propiedades fisicoquímicas o en el manejo que se le dé a este por un inadecuado seguimiento y control de su uso al momento de implementarlo por los consumidores; así mismo, todas las solicitudes ayudan a la mejora continua de la empresa, mejorar el producto de interés con base a lo requerido por los clientes en relación con el comportamiento de los competidores directos, indirectos o sustitutos que puedan llegar a sustituir o causar daños en el mercado, estas pueden ser positivas definiendo el buen trabajo que los colaboradores y trabajadores están realizando, sin embargo, siempre hay que estar en constante crecimiento, mejora y formación para satisfacer las necesidades de los consumidores con altos estándares de calidad que nos caracteriza en el mercado.

Para finalizar la planeación estratégica de la organización para su evaluación con respecto a la normativa ambiental ISO 14001:2015, se determinan los siguientes valores organizacionales:

La empresa prioriza dentro de sus políticas de seguridad y salud en el trabajo ya que al ser una empresa que genera un producto asociado a la industria química, debe tener una serie de cuidados esenciales para velar por la integridad y responsabilidad de los peligros y accidentes que en la planta se puedan generar, ya sea un mal manejo o inexperiencia en el uso de estos equipos; es por ello que la empresa al reconocer estos peligros, ha implementado un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, también conocido como CASA con ayuda de auditorías , tutorías y prácticas en las cuales un experto en el tema está supervisando cada una de las tareas que en la planta de producción se realizan con el fin de ofrecer lugares seguros y adecuados minimizando la ocurrencia de accidentes e incidentes que se pueda generar para el bienestar de nuestros trabajadores y colaboradores de la misma.

Adicionalmente, la apropiación de la normativa ambiental por parte de los integrantes de cada uno de los niveles organizacional y las áreas de producción, resulta ser una prioridad al obtener biogás a partir de residuos sólidos orgánicos, con el fin de minimizar y mitigar la contaminación ambiental generada por las fuentes de energía tradicionales; como se dijo anteriormente la innovación, desarrollo y finalidad del producto de interés va relacionado a la conciencia de los consumidores de querer cambiar el entorno en que se vive y generar menor impacto ambiental.

Por otro lado, se encuentra la garantía de ofrecer al talento humano y los consumidores una mejor calidad de vida con los productos ofertados y el servicio al cliente que en este se ofrece a través de oportunidades de capacitación, que no solo aporta al conocimiento para un mejor desempeño a nivel profesional, sino también una alternativa de solución en la cual la motivación y el cumplimiento de los objetivos cumple un papel fundamental en el crecimiento interno y externo de la empresa y así mismo verse reflejado en los resultados al ofrecer fuente renovable no convencional, siendo este el biogás con altos estándares de calidad amigable con el medio ambiente.

3.2.1 Evaluación del desempeño

Teniendo en cuenta la operación del sistema de gestión ambiental en la misión, visión, objetivos, política y valores de la empresa, se evalúan con base en la ISO 14001:2015, evidenciando los aspectos a favor y en contra que estos tienen y cómo se pueden solventar los problemas que puedan resultar en el futuro.

En primer lugar se evalúa el desempeño de la misión establecida en relación a lo requerido en la normativa y al alcance de la empresa en la minimización de la contaminación ambiental generada por la acumulación de residuos sólidos orgánicos para la obtención de fuentes renovables no convencionales, siendo este el biogás, para ello se realiza el siguiente análisis presentado en la Tabla 18 en relación con los clientes,

producto o servicio, mercado, tecnología, interés en la supervivencia, filosofía, concepto propio, preocupación por el medio ambiente y preocupación por la empresa.

Tabla 18

Análisis misión de la empresa

Cliente	Producto o servicio	Mercado	Tecnología	Interés en la supervivencia	Filosofía
SI	SI	SI	SI	SI	NO
	Concepto propio		Preocupación por el medio ambiente	Preocupación por la empresa	
	NO		SI	SI	

Nota. La tabla representa el análisis de la misión dentro de los lineamientos de la Norma Internacional. Autoría Propia.

La empresa siempre piensa en el bienestar y la satisfacción de sus consumidores y clientes al ofrecer fuentes renovables no convencionales, siendo este en mayor proporción el biogás con altos estándares de calidad, eficiencia, eficacia y efectividad en el mercado al ser sostenible con el medio ambiente obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos acumulados en la industria del sector primario, teniendo como objetivo la sustitución de las fuentes de energía que comúnmente se usan y ocasionan graves problemas al ambiente, buscando generar con esta nueva alternativa productos amigables con el medio ambiente, cambiando el estereotipo y pensamiento de las personas en su implementación con el fin de diseñar un plan de mejora continua en colaboración con la normativa ambiental mencionada en la ISO 14001:2015 para la minimización de la contaminación global y dándole una nueva retrospectiva a los residuos acumulados en el entorno.

Así mismo, la misión al preocuparse por el entorno y la contaminación ambiental que la acumulación de los residuos orgánicos genera al ambiente, dispone de un interés de supervivencia grande en el mercado al ser destinado a la industria química y a los consumidores donde el posicionamiento y liderazgo son factores determinantes en la filosofía y en las metas que la empresa tiene a corto, mediano y largo plazo, satisfaciendo

las necesidades de sus clientes con un producto innovador y así mismo disminuir el impacto ambiental, sin embargo al ser un producto relativamente nuevo en la industria, la empresa tiene una gran tarea en su filosofía y concepto propio ya que muchos competidores directos o indirectos estarán en la búsqueda de nuevas herramientas y estrategias de mejora continua, llegando a ser una amenaza, por tal razón es bueno que la empresa salga de su zona de confort y no se deje llevar por las competencias ya que de estos depende el cumplimiento de los objetivos y el crecimiento interno y externo de la misma.

En relación a lo mencionado anteriormente, en la búsqueda continua de crecimiento, la empresa pone a disposición la tecnología aplicada en su misión, brindando fuentes renovables no convencionales, en especial el biogás por medio de biodigestores y equipos industriales, ayudando a la remoción de contaminantes que puedan alterar el producto y así mismo darle un valor agregado al mismo para la competitividad en el mercado, es por ello que la empresa al estar directamente relacionada con la industria química, necesita dentro de su equipo de trabajo personal capacitado, con experiencia y ofrecerles a los mismos las herramientas necesarias para cumplir su tarea de la mejor manera y evitar inconvenientes a futuro mediante capacitaciones, auditorias y planes de contingencia donde es primordial la seguridad y salud de los trabajadores; en este mismo aspecto el uso de las TIC'S puede ser una gran herramienta a la hora de promocionar y dar a conocer la empresa y el producto ofertado a todos los consumidores, creando un cambio radical de lo antiguo e implementar lo moderno para la disminución del impacto ambiental en el país.

En segundo lugar se evalúa la visión de la empresa, siendo esta bastante acertada con respecto a los lineamientos establecidos en la Norma Internacional ISO 14001:2015 y en el mundo en que se vive ya que este brinda a los consumidores una alternativa novedosa e innovadora en la producción de fuentes renovables no convencionales, especialmente el biogás a partir de residuos sólidos orgánicos encontrados ya sea en la cocina de los hogares o los producidos en el sector primario, siendo amigable y sostenible con el medio ambiente y logrando metas en el liderazgo y compromiso del mismo al ofrecer productos

con altos estándares de calidad que satisfacen las necesidades de los clientes y así mismo concientizándolos poco a poco de los daños que generan al ambiente las fuentes de energía tradicionales con la emisión de monóxido y dióxido de carbono a la atmósfera que no solo cambian al planeta a corto plazo sino también con la implementación de mejoras continua que estos ocasionan en el futuro.

En tercer lugar, se evalúa el desempeño de los objetivos propuestos, los cuales van acorde a lo mencionado en la Norma Internacional ISO 14001:2015, en donde se describe que estos objetivos deben ir acorde a la práctica de la industria a la cual estos pertenecen, brindando no solo a los trabajadores sino también a los consumidores de los productos ofrecidos en beneficio del impacto ambiental y económico que estos generan, por tal razón para su cumplimiento se debe realizar un seguimiento y evaluación en un tiempo determinado por medio de incentivos, alternativas de mejora continua, capacitaciones, optimización de procesos, entre otros, los cuales serán ampliados más adelante.

En cuarto lugar se evalúa el desempeño de las políticas de la empresa con base al alcance y los objetivos propuestos de la misma en relación a la Norma Internacional ISO 14001:2015, los cuales cumplen a cabalidad el cumplimiento de la misma, ya que dentro de las políticas empresariales se incluyen la política global de sostenibilidad y política del medio ambiente para llevar a cabo el adecuado sistema de gestión ambiental en el que se reglamenta una economía circular basada en la minimización y prevención de la acumulación de los residuos sólidos orgánicos acumulados en el entorno, utilizándolos como materia prima para la obtención de productos que satisfagan las necesidades de las personas con altos estándares de calidad y sean amigables con el medio ambiente, esto no solo debe estar en palabras sino también documentado y establecido en la plataforma o en la bitácora de la empresa donde cualquier persona ya sea en auditorias, consumidores o trabajadores puedan acceder a esta y cumplir con cada una de las políticas acorde a las situaciones que se vayan presentando a lo largo de la gestión. Por otro lado se evidencia una relación directamente proporcional con la política de calidad, en la cual se establecen los estándares de calidad, eficiencia, eficacia y

efectividad del producto ofertado a partir de la composición y propiedades del mismo, sin embargo, al ser un producto novedoso y amigable con el medio ambiente, siempre va a ver competidores que quieran saber cómo se produce dicho producto para mejorarlo y lograr una mayor competitividad, es por ello que el código de ética y conflicto de intereses cumplen un papel fundamental en donde los trabajadores y personal directamente relacionado con el proceso deben cumplir con una normativa en la cual por ningún momento y circunstancia se debe suministrar la información privada de la empresa ni favorecerse de la misma.

Al ser el producto innovador, en algunas ocasiones se puede incurrir en inconvenientes a nivel operacional o en la entrega del producto, es por ello que se determina la política y proceso de quejas y reclamos en donde los trabajadores y los consumidores puedan presentar sus solicitudes para solventar los problemas que se haya tenido y así mismo actualizar y mejorar el sistema de gestión de calidad del producto o sí es una solicitud positiva a lo ofrecido por la empresa, esto no puede ser sinónimo de estancamiento sino también de mejora y desarrollo interno de la industria.

Y por último, se encuentra el análisis del desempeño de los valores de la empresa, estando estos de igual manera relacionados con lo mencionado en la ISO 14001:2015, los cuales priorizan la protección y el aprovechamiento de recursos naturales y residuos sólidos orgánicos como fuente de energía para satisfacer las necesidades de las personas en cumplimiento con la normativa ambiental, del mismo modo se protegen los derechos y seguridad de cada uno de los trabajadores por medio de auditorías, charlas y brigada de emergencia para solventar cualquier problema o accidente en el proceso, siendo así fuertes no solo en el mercado sino también en la estructura interna de la empresa.

3.2.1.i Seguimiento, medición, análisis y evaluación. Para evaluar el cumplimiento de los objetivos y metas propuestos de la empresa con relación a la Norma Internacional ISO 14001:2015, se identifican algunas estrategias para su cumplimiento siendo en estos casos:

- Implementar diversas políticas empresariales para asegurar su cumplimiento.
- Incentivar a los empleados y asociados a seguir colaborando en la empresa de forma segura y correcta.
- Crecimiento y avance del trabajo en equipo.
- Evaluación de las necesidades de los clientes.
- Investigación del acoplamiento de los productos en el mercado.
- Mantenimiento de clientes activos.
- Capacitar al personal de la empresa en mejoramiento de procesos.
- Mejorar instalaciones en ventas.
- Optimizar los procesos para aumentar la calidad y que sean amigables con el medio ambiente.

En primer lugar, se realiza un análisis en referencia a las tres primeras estrategias, las cuales, al estar directamente relacionadas con la política de la empresa, esta debe estar acorde a las actividades a llevar a cabo en cada área y solventar las problemáticas que se vayan desarrollando a lo largo del proceso. En el crecimiento y avance del trabajo en equipo en relación a los incentivos y colaboración de los mismos de forma segura y correcta, se llevan a cabo periódicamente (dicho tiempo se elige con respecto a los objetivos y lo establecido por el jefe encargado de cada área) para establecer una medición con respecto a personas capacitadas o con experiencia para llevar a cabo el proceso de producción del biogás sobre el número total de empleados capacitados o no capacitados, con base al resultado obtenido anteriormente se determina si la estrategia implementada en el sistema de gestión es acorde a lo requerido o hay que reformular para que se tenga una mayor cantidad de personal y si la respuesta es satisfactoria de igual manera se deben seguir desarrollando charlas de acuerdo a planes de contingencia o los problemas que se puedan presentar para que se solucionen lo más pronto posible;

así mismo se realizan las respectivas mediciones y evaluaciones en cada una de las actividades propuestas teniendo como referencia trabajar con altos estándares de calidad y eficiencia en el producto de interés para satisfacer las necesidades de los consumidores; cabe aclarar que para que este sistema de gestión funcione a cabalidad, todas las partes involucradas estén en la misma sintonía siendo responsables de sus actos y capacitados en el trabajo asignado ya que todo funciona como un engranaje, si algo en específico no funciona adecuadamente desde el principio, esto se verá reflejado en el proceso y evidenciado en el proceso de quejas y reclamos de la empresa. Al ser el proceso una mejora continua es necesario reconocer las falencias o las oportunidades que se pueden presentar como se evidenciará a mejor detalle en el apartado 3.2.2, utilizándose de forma positiva y lograr un fortalecimiento interno y externo de la empresa para seguir siendo competitivos en el mercado.

Adicionalmente, se evalúan las tres siguientes estrategias correspondientes a la participación en el mercado estando relacionada con lo mencionado anteriormente ya que al ser un plan de mejora continua todo es un proceso y va conectado, es decir, al momento de identificar las políticas acordes al proceso en beneficio del plan de sistema de gestión y el crecimiento y avance del trabajo en equipo, se procede a llevar a cabo la evaluación de las necesidades de los clientes, su mantenimiento y posicionamiento en el mercado, en estas estrategias el sistema de gestión ambiental toma una gran importancia al momento de evaluar las necesidades de los consumidores al ofrecer un producto innovador en el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos provenientes del sector primario de la industria en la obtención de fuentes renovables no convencionales, dicha evaluación y medición se puede realizar con base en las personas que están dispuestos a cambiar su perspectiva en cambiar el estereotipo de la sociedad e implementar en su industria o en su canasta familia una fuente de energía que se caracteriza por ser amigable con el medio ambiente, es allí donde la tecnología, la economía y el área de ventas entran en funcionamiento conociendo las necesidades del entorno en que se vive y ser competitivos en el mercado guardando el secreto de confidencialidad y conflicto de intereses, ofreciendo el producto para ser apetitoso en el mercado pero más que eso es buscar impactar las vidas y aunque puede ser una tarea

difícil, en muchas ocasiones las nuevas generaciones son las que más satisfacen esta propuesta en querer cambiar el mundo en que se vive y generar el menor impacto económico y ambiental posible.

Ya establecida la evaluación de las necesidades de los consumidores, se analiza la investigación del acoplamiento de los productos en el mercado y el mantenimiento de clientes activos; tomando en cuenta que la generación de biogás es un producto relativamente nuevo en el mercado, es necesario que los clientes, sepan a qué se están enfrentando y las tecnologías usadas para su fin, para ello el uso de las TIC'S es muy importante en el proceso en primer lugar para identificar qué tanto crecimiento económico tienen las fuentes renovables no convencionales en la economía del país y a la industria a la cual va enfocada, a partir de ello se analiza los competidores directos, indirectos y sustitutos que puedan afectar el proceso o puedan ser una amenaza a corto, mediano o largo plazo en la empresa, a partir de estos análisis se determina qué propiedades y características hacen del biogás producido un producto diferente a los demás ya sea en la remoción de la mayoría de los componentes tóxicos y peligrosos presentes en el, ahorro energético en el proceso, medio de obtención, materia prima y costos de operación; es importante que al lograr competitividad en el mercado con un mejor producto, no se pierdan los estándares de calidad del producto en cuanto a su control en cada una de las etapas del proceso evitando contaminación cruzada ni tampoco dejar a un lado el sistema de gestión ambiental ya que esto le da un plus al proceso y a la empresa estando certificada y auditada por la ISO 14001:2015 y hay que usar este beneficio de manera correcta y no dejarlo únicamente en una documentación requerida para auditorías, este sistema debe protegerse en todo el proceso para llevar a cabo la obtención del biogás, desde la materia prima hasta su disposición final minimizando la mayor cantidad de contaminante y poner a prueba una economía circular en donde los desechos producidos en el proceso se reduzcan y sean usados nuevamente o tratarlos para otras industrias, garantizando el mantenimiento de los clientes y así mismo obtener una mayor producción en la industria.

Por último se analiza el seguimiento de la producción del proceso en beneficio del medio ambiente, siendo este en primer lugar la capacitación al personal de la empresa en mejoramiento del proceso con el fin de evitar accidentes e incidentes en la planta de producción, esta estrategia va de la mano con lo mencionado anteriormente ya que este se puede medir con ayuda de charlas, tutorías, auditorías y brigada de emergencia, simulando escenarios para poner en práctica los planes de contingencia para cada problemática que se pueda llevar a cabo, aquí también se debe velar por la protección de todos los empleados en cuanto a su seguridad y salud en el trabajo con los protocolos y ropa de seguridad de acuerdo al área encargada, sin embargo, la diferencia de esta capacitación a la mencionada anteriormente radica en la importancia en la implementación del mejoramiento de los procesos guiada especialmente ya está al estar relacionada con la Norma Internacional ISO 14001:2015, lo que busca es la minimización de contaminación ambiental en las áreas de producción mediante la economía circular, para esto es necesario que el operario a cargo evalúe los desechos que se generan en esa etapa identificando si es una amenaza o una oportunidad para el proceso, es decir, si esta puede ser utilizada en el proceso con ayuda de recirculación de corrientes o procesada para ser aprovechada en otros procesos y venderla para la demanda y oferta del mercado con ayuda de la integración energética, este análisis debe ser minucioso ya que esto requerirá de documentación especializada en cada uno de los subproductos del proceso para establecer sus propiedades, manejo, almacenamiento y peligros ambientales y ecológicos que puedan afectar al medio ambiente y al ecosistema, es desde esta evaluación donde se evaluar qué hacer con dichos productos para garantizar el menor impacto ambiental posible y cumplir el sistema de gestión ambiental a cabalidad.

Así mismo, para tener una mayor regulación y control de la remoción de los contaminantes presentes en el biogás, se debe realizar una supervisión de la calidad del producto de interés con el fin de optimizar el proceso, para ello se deben evaluar las variables del proceso como lo son el pH, temperatura, presión, sólidos totales y registrando los resultados obtenidos en un formato realizado por el supervisor del área ya que al ser un engranaje todo proceso y etapa siguiente no debe iniciarse sin realizarse

dicha supervisión ya que cualquier eventualidad puede producirse en el proceso. Aunque esta evaluación resulta tediosa, esto trae consigo el aumento del valor agregado del producto y el mejoramiento en la optimización de otros productos a nivel industrial, obteniendo un biogás con altos estándares de calidad, con un nivel mínimo de contaminantes y amigable con el medio ambiente; cabe aclarar que estos formatos deben estar firmados y archivados periódicamente (de acuerdo a lo estipulado por la gerencia) para ser utilizado y actualizado cuando se requiere con base a las necesidades del producto definiendo si es apto o no para comercializarlo, siendo de gran ayuda al momento de recibir una renovación del certificado de la Norma Internacional ISO 14001:2015 en donde rectifica que el producto ofertado en la empresa cumple con todos los estándares de calidad en la prevención del cuidado del medio ambiente en la minimización de riesgos desde la materia prima hasta la disposición final del producto, protegiendo no solo a los empleados sino también al entorno con el máximo aprovechamiento energético de los residuos sólidos orgánicos generados por el sector primario y de los subproductos presentes en el proceso.

Con base a lo anterior, para velar que estas estrategias se cumplan a cabalidad, se implementan indicadores de gestión que determinen que las estrategias o los planes de mejora continua para llevar a cabo cada una de las actividades propuestas se cumplan, para ello es necesario implementar un cuadro de análisis de indicadores como se evidencia en la Figura 16 en donde el gerente encargado de cada área de la empresa es el responsable de analizar y determinar lo mencionado previamente, dichas estrategias pueden medirse periódicamente, en el caso de este ejemplo se implementará trimestralmente con ayuda de los datos obtenidos en cada medición ya sea de los productos realizados en determinado tiempo, empleados capacitados, variables de operación, residuos generados en cada área, costos operacionales, ingresos, acumulación de desechos, entre otros en relación con el total de cada uno de ellos, adicionalmente se establecen las metas medibles en porcentaje (%) para cada uno de los meses determinando cada uno de los resultados si ese plan fue insatisfactorio (<60%), aceptable (60%-85%) o satisfactorio (>85%) y de acuerdo a estos datos se toma la decisión si los establecido hay que reformular para lograr los objetivos planteados o

seguir con la misma estrategia pero sin quedarse en la zona de confort sino ir avanzando cada vez más para tener un mayor posicionamiento en el mercado.

Figura 16

Ficha técnica indicadores de gestión

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR											
CÓDIGO	BIOP-0001	VERSIÓN	1	FECHA	25/09/2021						
PROCESO	CAPACITACION DE LOS EMPLEADOS										
NOMBRE DEL INDICADOR	PORCENTAJE DE PERSONAS CAPACITADAS										
TIPO DE INDICADOR	EFICIENCIA	OBJETIVO	INCENTIVAR EL CRECIMIENTO PERSONAL Y LABORAL DE LOS TRABAJADORES MEDIANTE CAPACITACIONES DE INTERÉS								
FORMULA	#TRABAJADORES CAPACITADOS/#NUMERO DE EMPLEADOS	UMEDIDA	%	F.SEGUIMIENTO TRIMESTRAL	F. ANÁLISIS SEMESTRAL						
ITEM	VARIABLE	FUENTE DE INFORMACIÓN		RESPONSABLE DE MEDICIÓN							
1	# EMPLEADOS CAPACITADOS	INFORMES DE LA EMPRESA-ASISTENCIA		GERENTE TALENTO HUMANO							
2	#NUMERO DE EMPLEADOS	INFORMES DE LA EMPRESA-ASISTENCIA		GERENTE TALENTO HUMANO							
LINEA DE	80%	META 1:	84%	META 2:	87%	META 3:	90%	META 4:	92%	META FINAL:	97%
RESULTADOS						RANGOS DE INTERPRETACIÓN					
						INSATISFACTORIO	<60%				
						ACEPTABLE	60-83%				
						SATISFACTORIO	>83%				
PERIODO	RESPONSABLE	ANÁLISIS				FECHA					

Nota. La figura representa la ficha técnica de gestión para evaluar cada una de las estrategias y darle cumplimiento a las mismas.

Adicionalmente se puede establecer un cuadro de mando especial, siendo este una base de datos en donde los responsables de su actualización o mejora son los gerentes y encargados de cada área, dicho cuadro es una estrategia de recopilación de datos utilizando los datos de la ficha técnica del indicador que se explicó anteriormente con el fin que cualquier persona que se autorice pueda consultar dicho cuadro y saber los

objetivos y metas que cada área se plantea para lograr lo esperado en un determinado tiempo.

La idea de estas estrategias es utilizarlas y no dejarlas en el olvido ya que son planes de mejora con la finalidad del crecimiento y desarrollo de la empresa para lograr los objetivos y metas planteadas, es importante que todos los trabajadores y colaboradores de la empresa vayan en la misma dirección y tener clara su tarea para evitar contratiempos o problemas que se pudieron haber controlado a tiempo.

3.2.2 Mejora continua

A partir de las amenazas y falencias de la empresa, se presentan diferentes estrategias de mejora continua a partir de auditoría interna y plan de mejora en el sistema de gestión ambiental con el fin de minimizar la contaminación ambiental generada por los residuos sólidos orgánicos presentes en el entorno y utilizar las oportunidades y beneficios que la Norma Internacional ISO 14001:2015 trae consigo en el fortalecimiento interno y externo de la empresa para el desarrollo y crecimiento en el mercado.

3.2.2.i Auditoría interna. Con base al desempeño y las actividades realizadas en la empresa en relación con los objetivos y el alcance de este, es necesario llevar un monitoreo periódico por parte del jefe de cada área y diario por parte de los operarios y las tareas que allí se realizan, cada una de ellas debe estar estipulada en formatos, los cuales los encargados del área son los que lo diseñan ya sea a través de bitácora en donde se registra la cantidad de materia prima utilizada en determinado tiempo, residuos y desechos generados o consumidos y así mismo evaluar los resultados obtenidos sobre el total o el objetivo diario que se propone.

Esta documentación es requerida en cualquier momento, ya sea para evaluar cada área o en caso de nuevos trabajadores para que estos tengan una contextualización de la tarea que van a realizar y así mismo identificar los estándares de calidad, eficiencia, efectividad y eficacia del proceso; al ser todo un engranaje, una actividad debe ir de la

mano de la otra para analizar las oportunidades, amenazas, debilidades y fortalezas de la empresa tanto interna como externamente lo cual se desarrollará en el apartado plan de mejora continua.

Como se mencionó anteriormente, dichas estrategias al ser medibles, el jefe encargado de cada área es el que determina si el sistema de gestión ambiental diseñado para la minimización de riesgos y peligros de generación de residuos tóxicos y peligrosos en el proceso se lleve a cabo, a partir de estos resultados, lo que se hace es una auditoría interna para conocer las falencias que hay dentro del proceso y cómo estas se pueden mitigar, un claro ejemplo de esto es la generación de contaminantes ya sea por mala práctica, manejo y manipulación de equipos, control de calidad ineficiente, se realiza el paso siguiente sin tener en cuenta las recomendaciones del paso anterior, no se verifica la cantidad establecida de materia prima en el proceso, entre otras; todos estas problemáticas se evalúan con detenimiento con base a los formatos diarios y el informe que se podría pedir al operario encargado mensualmente para identificar en que se está fallando ya sea por mala información o despacho rápido por la oferta y demanda del mismo.

Determinando las causas y consecuencias de cada uno de los problemas que puedan ocurrir en el proceso de producción de biogás, se establecen las estrategias de mejora en cada una de estas, las cuales deben ser acordes al alcance, objetivos y políticas de la empresa, para esto cada operario es el encargado de establecer tareas a los demás trabajadores del proceso la supervisión y verificación de dicha área y en el momento de presentar alguna eventualidad informarla directamente, evitando percances en la calidad del producto, así mismo se evalúan los contaminantes y compuestos tóxicos que salen de cada etapa, los cuales no deben eliminarse al medio ambiente sino tratarlos para generar valor agregado ya sea al producto de interés o para otros proceso de la industria por medio de integración energética al relacionarse con los mismos evitando costos de operación, impacto ambiental y económico y un mayor posicionamiento en el mercado al optar por herramientas novedosas y en beneficio del medio ambiente y aprovechamiento de los residuos que se producen en la industria.

Luego de realizar un mejoramiento en el sistema de gestión ambiental propuesto en la empresa, se evalúa dicha mejora en un periodo de un mes o trimestralmente para determinar si la nueva implementación y el ajuste realizado es acorde a lo requerido en los objetivos en comparación a los resultados obtenidos en la primera medición, si algo falla en el proceso, es necesario evidenciar de nuevo las falencias y así mismo tomar decisiones al respecto y volver a ajustar y evaluar los resultados que se van dando con la nueva mejorar hasta llegar a un momento donde las oportunidades son mayores que las amenazas, es decir, los resultados son satisfactorios quiere decir que esa estrategia es la adecuada de acuerdo a los indicadores de gestión involucrados en el proceso, sin embargo al llegar a un punto beneficioso de la empresa, esta no se debe dejar ahí en el olvido, siempre hay que estar en un constante cambio y salir de la zona de confort ya que al ser un mercado que requiere de oferta y demanda de productos, se necesitará que las empresas innoven sus productos y busquen nuevas estrategias para que los competidores directos o indirectos no dañen lo logrado hasta el momento.

Todas estas mejoras y actualizaciones del sistema de gestión ambiental, debe estar documentado y tenerlo a la mano en el momento que se requiera ya sea por parte de los jefes de cada área, el directo o el CEO de la empresa para verificar que todas las actividades y tareas se estén llevando a cabo de la mejor manera y en el momento de llevar a cabo la auditoría externa ya se tengan argumentos para que los encargados de evaluar y verificar el cumplimiento de la Norma Internacional ISO 14001:2015 se dé cuenta que la empresa está ejecutando con lo que la empresa dicta con base a la industria y los consumidores en cuestión y así mismo evaluar una nueva actualización de la certificación lo cual brinda un gran beneficio al ser competitivos en el mercado ya que muchas empresas solo se preocupan por producir y vender, sin evidenciar los daños que su proceso puede generar al medio ambiente y más la industria química donde la demanda y oferta en el mercado siempre va en crecimiento requiriendo nuevos productos que satisfagan las necesidades de las personas sin dejar a un lado los altos estándares de calidad, eficiencia, efectividad y eficacia en el proceso.

La mala práctica del sistema de gestión ambiental con base a la Norma Internacional ISO 14001:2015 al momento de realizarse una auditoría, puede causar graves problemas internos ya que esta al ser la certificación que prioriza el aprovechamiento de recursos en la disminución de la contaminación ambiental, sí esto no se está llevando a cabo en la empresa ni en el proceso de producción, en este caso la generación de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos, puede repercutir en la cancelación del certificado quedando invalidado de este beneficio por tiempo indefinido o hasta que demuestre con hechos que la empresa prioriza en su alcance y en su procesamiento la generación de residuos; dichos aspectos se pueden evidenciar ya sea a simple vista con el producto de interés al no tener un control de calidad en sus propiedades y características, las emisiones que en el proceso se realiza y lo más importante, no tener una documentación establecida donde se dicte con imágenes, estadísticas, datos, indicadores de gestión lo que se está realizando para evitar la menor cantidad de contaminantes posibles.

Por tal motivo es importante que sí la empresa ya implementa en su gestión una certificación, en este caso la ISO 14001:2015 en la minimización de contaminantes al medio ambiente, los objetivos propuestos y el alcance de la empresa vayan acordes con lo planteado en la normativa y aprovechar este beneficio que en muchas ocasiones es difícil de conseguir debido a malas prácticas o la generación de productos tradicionales que no se preocupan por el medio ambiente, hay que realizar en todo momento un plan de mejora continua y un seguimiento y evaluación de cada una de las actividades propuestas para no caer en un callejón sin salida.

Así mismo, se debe tener en cuenta las fechas estipuladas tanto en la auditoría interna como en la auditoría externa, aprovechando el tiempo al máximo y evaluando cada una de las actividades para tomar la mejor decisión en el menor tiempo posible con base a los indicadores de gestión propuestos para las mismas en referencia a calidad, eficiencia, efectividad y eficacia, en esta misma línea, al momento de requerir una ampliación del tiempo al momento de evaluar la auditoría interna, esta se debe informar y comunicar el motivo por el cual se requiere más plazo ya sea para la verificación final de equipos y su funcionamiento, residuos finales o la calidad del producto de interés, con el fin de

determinar sí las estrategias para su cumplimiento son las adecuadas o se verifican con base a lo mencionado anteriormente.

Por otro lado, el personal capacitado de estas mediciones deben tener responsabilidad y capacidad de liderazgo y percepción de cada una de las actividades desarrolladas al momento de delegar y verificar si los resultados son los adecuados con base a lo planteado por la alta dirección, esta persona también se debe caracterizar por su buena ética ya que si esta persona brinda un resultado alterado en cualquiera de las tareas para su medición solo por el hecho de cumplir, esto puede perjudicar el proceso afectando no solo el proceso de producción del producto de interés sino también el sistema de gestión ambiental en su medición viéndose repercutido en la auditoría externa que se llevará a cabo para la actualización del certificado ISO 14001:2015.

Adicionalmente, el jefe encargado de realizar la auditoría interna del sistema de gestión ambiental debe ser una persona que se caracterice por su liderazgo, experiencia en el aspecto ambiental, con alto criterio de ética y cumplimiento de la política de la empresa, sí el operario que entrega los resultados tiene una mala praxis y este se da cuenta, debe ser informado inmediatamente para realizar la respectiva acción correctiva del proceso y del cumplimiento de la normativa y no dejarse llevar por la manipulación ni conflicto de interés del mismo, al contrario a partir de ello se debe reformular la persona encargada y realizar una evaluación con anterioridad de su conocimiento y de su trabajo representado en las acciones y la eficacia del mismo, con esta evaluación se puede elegir a la persona idónea para ese cargo y así mismo llevar un control puntual de lo estipulado con el fin de realizar una actualización y mejora pronta antes de la revisión final por parte de los encargados de rectificar y evaluar el cumplimiento de la Norma Internacional ISO 14001:2015 para su actualización o terminación del certificado con base a los resultados presentes a lo largo del proceso y la documentación generada.

3.2.2.ii Plan de mejora continua. Con base a la Norma Internacional ISO 14001:2015 y los lineamientos establecidos en la empresa con base a los principios, objetivos y políticas para la minimización del impacto ambiental y económico de la industria química,

es necesario evaluar las falencias que el sistema de gestión ambiental trae consigo con base a los indicadores de gestión y las estrategias planteadas anteriormente.

Todos estos factores tanto internos como externos pueden afectar el rendimiento y crecimiento de la empresa en el mercado, los cuales al analizar las amenazas y oportunidades que se puedan presentar en el camino, es necesario evaluar cada una de ellas para la mejora continua de procesos y así mismo lograr los objetivos planteados, uno de los análisis que más se utilizan en las empresas es la evaluación y control de las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, más conocido como análisis DOFA, en el cual se determina para cada área en específico y en general las problemáticas que pueden existir en el proceso de producción de biogás enfocado en el sistema de gestión ambiental en el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y la minimización de contaminantes tóxicos y peligrosos en el entorno como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19
Análisis DOFA

D	O
Estructura de costos	Políticas empresariales en beneficio del medio ambiente
Manejo de residuos	Leyes de protección del medio ambiente
Resultados de desarrollo	Nivel tecnológico
Estilo de vida	Aprovechamiento de residuos
F	A
Certificación Norma Internacional ISO 14001:2015	Disposición final de los residuos
Auditorias internas en el control y manejo de residuos	Contaminación ambiental en Colombia
Sistema de gestión ambiental	Producción de fuentes de energía tradicionales Competencia en el mercado

Nota. La tabla representa el análisis DOFA en aspecto ambiental de la empresa para la realización de la mejora continua.

Al evidenciar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la empresa recopilados en la Tabla 19, se procede a analizar cada uno de estos a continuación:

La empresa al tener a su disposición leyes y políticas empresariales en beneficio y protección del medio ambiente en el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de fuentes de energía renovables no convencionales como es el caso del biogás, estas son consideradas una oportunidad ya que el producto al ser sostenible con el medio ambiente, ayuda a la prevención del impacto ambiental que las fuentes de energía comunes generan al entorno con las emisiones y problemas en la salud de quienes están directamente relacionados con el proceso y los consumidores que lo utilizan para satisfacer sus necesidades.

Del mismo modo, se evidencia la importancia del nivel tecnológico en el desarrollo y crecimiento del proceso de producción del producto de interés ayudando no solo en su obtención sino también en su comercialización y en la generación de oferta y demanda. En primer lugar, la tecnología al ser un arma vital en la industria química, esta favorece la calidad del biogás que se obtiene ya que la tecnología no se mide únicamente con el uso de las TIC'S sino también con la calidad de equipos y procesamiento que se tenga en la planta de producción y los recursos destinados para esto; un equipo que no esté calibrado ni verificado con los estándares de la normativa puede causar graves problemas operacionales y económicos a la empresa, generando no solo un mayor costo operativo sino problemas en contaminación y desechos inesperados, es por ello que cada equipo y cada etapa del proceso debe ser evaluada por un personal autorizado y al manejarse adecuadamente puede llegar a ser una oportunidad en la empresa con equipos y procesamiento de última tecnología para lograr los objetivos deseados en el menor tiempo posible de acuerdo a la normativa

Adicionalmente, al tener listo el producto final con altos estándares de calidad, eficiencia, eficacia y efectividad de acuerdo a la normativa ambiental y las políticas de la empresa en minimización del impacto ambiental, es allí donde la tecnología toma fuerza para la competitividad en el mercado, demostrando por medio de anuncios y avisos, los beneficios del uso del biogás y así mismo garantizar un crecimiento interno y externo de

la empresa al proponer alternativas de solución innovadoras a las fuentes de energía que comúnmente se utilizan en la industria aprovechando los residuos generados por el sector primario para satisfacer las necesidades de las personas a un menor costo, aunque la empresa es relativamente nueva en el mercado, requiere de mucha persistencia y responsabilidad en lo ofertado ya que de allí depende el fortalecimiento y el crecimiento en el mercado con la generación de biogás que sea novedoso, con un menor impacto ambiental que cumple con las mismas características que un combustible tradicional.

Una gran oportunidad en el sistema de gestión ambiental de la empresa es el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la generación de biogás, este es un aspecto que muchas empresas no consideran en su plan de mejora continua y es muy difícil llevar a cabo no solo por el mundo en que se vive ni por la contaminación que día a día se genera, lo que garantiza el alcance de la organización es eso mismo, aprovechar los recursos que el sector primario acumula indirectamente en los botaderos y en las ciudades con el fin de minimizar el impacto ambiental y económico del país, si bien es cierto son más los contaminantes tóxicos y peligrosos que están presentes en el entorno, con la producción e implementación de planes de mejora y la producción de productos novedosos que aportan la economía circular no solo en su proceso sino también en la disposición final de los desechos y compuestos secundarios que pueden servir como materia prima como recirculación en el proceso o una integración energético con otros productos de la industria, agregando valor al producto de interés y garantizando una mejor calidad de vida y menor impacto ambiental con residuos que en muchas ocasiones se dejan a la intemperie sin un procesamiento previo.

Por otro lado, se analizan las fortalezas que la empresa tiene a su disposición, siendo esta en primer lugar la certificación de la Norma Internacional ISO 14001:2015 y la implementación de un sistema de gestión ambiental; las empresas al enfocarse en un área en específico deben contar con normas y certificaciones que decreten que sus actividades se están llevando a cabo a cabalidad, tal es el caso de la Norma Internacional ISO 14001:2015 que dicta que la empresa está capacitada y enfocada en la preservación

y cuidado del medio ambiente en el aprovechamiento de los residuos generados en el entorno, para lograr dichas acreditaciones es necesario como se mencionó anteriormente, que la empresa contemple en sus tareas diferentes estrategias para verificar que se cumplan todas las políticas y el alcance de la misma estando documentado todos los formatos y documentos que ratifiquen todos los procesos, sin embargo, no todo es color de rosa en la producción del producto de interés debido a las falencias y problemáticas que pueden ir apareciendo en el proceso, es allí donde el sistema de gestión ambiental y las auditorías internas en el control y manejo de residuos cumplen un papel fundamental a partir de indicadores de gestión al evaluar cada actividad con el rendimiento esperado de los mismos, si los contra son mayores que los beneficios, se realiza una auditoria o reunión con los encargados del área en cuestión para determinar las soluciones pertinentes en el menor tiempo posible y evaluarlos nuevamente con el fin que los resultados sean satisfactorios en relación a los objetivos planteados.

Todas las actualizaciones que se lleven a cabo al sistema de gestión ambiental deben estar documentadas e informadas a la alta dirección en caso de novedades ya que no todas las personas pueden realizarlas, el jefe de cada área es el responsable del monitoreo periódico y continuo de cada estrategia planteada con base a las estadísticas y datos suministrados por el operario, como se mencionó anteriormente estos deben ser responsables de sus actos y cumplir por completo las políticas de la empresa sin pensar en el beneficio propio de cada uno de ellos sino en el bienestar colectivo ya que todo al ser un engranaje deben ir de la mano y asegurarse que cada etapa tenga el menor riesgo y problemas en el proceso, así mismo los problemas que surjan se deben informar y llegar a una pronta solución con el fin de velar por el cumplimiento de los objetivos, sin inconvenientes para que la auditoría externa llevada a cabo por la normativa ambiental sea satisfactoria, logrando la actualización de la misma y seguir siendo competitivos en el mercado con el compromiso y prevención del impacto ambiental y el aprovechamiento de la materia prima y productos secundarios que pueden ser utilizados en la industria para satisfacer la necesidades de los consumidores sin dejar de lado la calidad del producto.

Sin embargo, la mayoría de las empresas del sector industrial van a estar sujetas a los problemas que se puedan generar tanto económicas como sociales, es allí donde la estructura de costos se ve reflejado en el proceso, al ser una empresa relativamente nueva esta debe tener cuidado con los recursos financieros destinados para las diferentes actividades del sector mientras que logra posicionarse en el mercado a través del producto ofertado, cuando la estrategia y la planeación estratégica de la organización está establecida con parámetros de eficiencia y eficacia para la oferta y demanda en el mercado siendo más los ingresos que los egresos dentro de la misma, la estructura de los costos va a aumentar causando no solo el desarrollo y el crecimiento de la empresa sino también el crecimiento tecnológico dentro de las operaciones tales como equipos y procedimientos, generando mayor empleo y mejor calidad del biogás en la remoción y eliminación de contaminantes que puedan alterar sus propiedades, sin embargo al lograr una mayor inversión e incremento en la industria, la organización no debe confiarse sino debe tener un plan estratégico para administrar los recursos de una manera coherente y responsable ya que en el caso que ocurra alguna eventualidad, como una problemática social, es allí donde los que manejan su economía interna de manera eficaz, son los que van a sobrevivir y seguirán creciendo y desarrollándose con lo ofertado.

Adicionalmente, el manejo de residuos aunque puede ser una ventaja para la empresa al utilizarla como materia prima en la producción de biogás, puede llegar a ser una debilidad si no se dispone adecuadamente de los residuos generados en el proceso, como se mencionó anteriormente, el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos o los contaminantes tóxicos y peligrosos son un requerimiento fundamental para la Norma Internacional ISO 14001:2015, en el cual las empresas involucradas en esta certificación deben hacer todo lo posible por cumplir dicha normativa que en algunos casos por costo de operación o por falta de recursos se dejan a la deriva causando graves inconvenientes a la atmósfera y al entorno, es allí donde las empresas deben sacar todas sus cartas en el aprovechamiento energético e integración de los mismos con otros productos causando mayor impacto económico en la industria y lograr una economía circular y engranaje en este aspecto sin desperdiciar ningún producto generado y los productos o desechos que se generen y puedan servir para darle mayor valor agregado al producto,

se puede procesar y reutilizar en recirculación al proceso, logrando un biogás con mejores propiedades y cumpliendo con los estándares de calidad, eficiencia, eficacia y efectividad del mismo para satisfacer las necesidades de las personas.

Sin embargo, el resultado del desarrollo en el estilo de vida de las personas no siempre resulta beneficioso para la empresa ya que a pesar de cumplir con todos los estándares de calidad y satisfacer las necesidades de los consumidores, en muchas ocasiones la falta de información y desconocimiento de los beneficios de un nuevo producto amigable con el medio ambiente puede causar confusión en la población, por un lado se encuentran las personas que quieren seguir con lo tradicional en vez de probar algo innovador que genere menor impacto ambiental y están también los que se cierran completamente a la realidad sin pensar en el daño que le causa a futuro al entorno, es por ello donde la organización debe buscar estrategias de mejora para cambiar la perspectiva de la sociedad con campañas o charlas en las cuales se evidencien las ventajas de fuentes de energía renovables no convencionales que usan recursos provenientes del sector primario y así mismo ir paso a paso en el desarrollo y cambio a un futuro mejor.

Finalmente, se presentan las amenazas a las cuales la empresa puede estar enfrentando a nivel externo para su desarrollo y crecimiento en el mercado, uno de ellos es la disposición final de los residuos teniendo una relación directamente proporcional con el manejo de estos en el proceso, los cuales pueden ser utilizados como materia prima en el proceso o realizando una integración energética en diferentes industria evitando el costo operacional que trae consigo usar productos costosos que posiblemente se puedan agotar en algún momento, sin embargo, muchos de estos residuos y desechos no siempre son utilizados como un plan de mejora continua en el desarrollo del mercado siendo un grave problema en un círculo de acumulación de estos sin un tratamiento previo en su disposición, para ello se debe tener a consideración la normativa ambiental en el manejo y disposición de residuos sólidos, más conocido como RESPEL en algunos casos, los cuales al conocer sus peligros y grado de toxicidad al ambiente se pueden establecer alternativas de solución para mitigar dicha contaminación y aumentar la

productividad de la empresa, esta tarea puede ser tediosa pero si en verdad se quiere lograr un cambio en la sociedad, es necesario evaluar cada una de las mejorar y diseñar productos ya sea con la misma línea de producción o referente a otros consumidores en los cuales se puedan utilizar y así mismo favorecer al entorno.

Con base a lo anterior la contaminación ambiental en Colombia va a ser una amenaza que va a existir en el entorno si no se realiza nada al respecto y es un aspecto que no solo compete a la empresa en cuestión generadora de fuentes renovables no convencionales (biogás) sino también a todas las empresas del sector industrial, las cuales al generar residuos y desechos en su proceso contribuyen a que esa falencia incremente cada vez más, es allí donde su ingenio, tecnología e innovación cobran una gran importancia al querer cambiar el mundo en que se vive, no solo para lograr un beneficio propio como organización sino colectivo al querer un mundo mejor y disminuir la contaminación que se genera al hacer un mal uso del proceso que se lleva a cabo. Para ello es necesario tener en cuenta la normativa no solo nacional sino también internacional en la prevención y protección del medio ambiente, siendo este un tema que compete a todos, es necesario evaluar lo que cada país y organización está haciendo para solventar esta problemática y aportar un grano de arena no solo al crecimiento y desarrollo en el medio ambiente sino también generar estrategias en las cuales los recurso y el aprovechamiento de los residuos sea el aspecto fundamental de procesamiento y así mismo cambiar la perspectiva que los consumidores tienen para cambiar el mundo en que se vive y porque no empezar desde sus casa a realizar un buen manejo de estos residuos para que puedan ser usados en nuevas alternativas de mejora.

Al lograr en el mundo y en el país nuevas alternativas de mejora en la minimización del impacto ambiental y económico del mismo, existe la posibilidad de encontrar competidores directos e indirectos en la misma rama de producción de fuentes de energía, es allí donde la innovación y el desarrollo del de la empresa tanto interno como externo toma fuerza en ser diferente al resto sin dejar a un lado los estándares de calidad, eficiencia, eficacia y efectividad que caracterizan al producto de interés, al ser un

producto en beneficio del medio ambiente y propuesta novedosa utilizando residuos sólidos orgánicos, siempre van a ver organizaciones que elaboren lo mismo, por tal motivo es necesario que la empresa busque estrategias de mejora continua en la cual la documentación de mejora continua, la actualización de certificaciones y el cumplimiento de la normativa se convertirán en un plus en el mercado, sin embargo hay que tener cuidado en cumplir a cabalidad el sistema de gestión ambiental de la empresa con respecto a los objetivos planteados ya que un mal manejo del mismo puede repercutir en graves consecuencias para la empresa viéndose reflejado en el impacto económico, ambiental y en el mercado del producto ofertado y peor aun dando como resultado la terminación de la empresa.

Las estrategias de mejora continua anteriormente mencionadas son una guía para que las empresas puedan llevar a cabo el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y los residuos generados en su proceso, utilizándolos como una oportunidad de mejora para lograr un crecimiento y desarrollo interno y externo, sin embargo al verse enfrentado a problemáticas que puedan afectar su desempeño, es necesario la elaboración y actualización del sistema de gestión ambiental para la protección y prevención de la contaminación ambiental generada por una mala práctica en el proceso, dichas falencias es necesario resolverlas en el menor tiempo posible y así mismo evaluar las mejoras con base a las política, alcance y objetivos de la empresa y la Norma Internacional ISO 14001:2015 para aportar un grano de arena al impacto ambiental que se vive en el país.

Al desarrollar alternativas y estrategias de mejora continua, es necesario realizar un seguimiento periódico, en el cual el encargado de cada área es el responsable de verificar los riesgos, amenazas y debilidades que la empresa pueda implementar en el proceso de producción de biogás, evaluando ya sea rendimiento o resultados en cada área del proceso y así mismo al ser un engranaje, se requiere que cada etapa dé el visto bueno para llevar a cabo la siguiente etapa, si esto no se evalúan muchos de los residuos y desechos generados no van a ser estudiados ni tenidos en cuenta para su mejoramiento e integración energética para llevar a cabo otros procesos industriales, así mismo al ser un plan de mejoramiento en aspectos ambientales con respecto a la

normativa, hay que tener en cuenta también aspectos políticos, económicos, sociales, legales y tecnológicos en su actualización y análisis, en esta escala se evidencian los competidores directos, indirectos y sustitutos que pueden afectar el desarrollo de la empresa si esta no es fuerte en su planeación estratégica, el estilo de vida de las personas por la falta de conocimiento y responsabilidad ambiental con el mundo que los rodeo, seguir normativas nacionales e internacionales en el mejoramiento del producto y las bases con las cuales seguir adelante y el uso adecuado de la tecnología en el control y verificación de equipos para lograr un biogás con altos estándares de calidad y una mayor remoción y eliminación de productos secundarios contaminantes usados en otros procesos como se mencionó anteriormente y dar a conocer el producto a la industria, satisfaciendo las necesidades de los clientes y consumidores de una forma más segura, eficaz y amigable con el medio ambiente.

Así mismo, las empresas que tienen a su poder certificaciones y documentaciones con respecto a sistema de gestión de calidad, ambiental, entre otras, deben asegurarse de cumplir con sus requerimientos a cabalidad ya que no cualquiera tiene el privilegio de conseguir dichas acreditaciones, como se mencionó anteriormente, la falta de compromiso y responsabilidad en su funcionamiento y cumplimiento pueden acarrear problemas legales, políticos y sobre todo a nivel interno de la empresa al ser catalogado como un incumplimiento, causando la invalidez de este por tiempo indefinido hasta que la empresa no soporte con acciones y documentación pertinente que tanto los objetivos de esa como la normativa se está cumpliendo de la mejor manera.

4. CONCLUSIONES

Con base a la caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en la industria, se consideró para el estudio de producción de biogás el aprovechamiento de los residuos y desechos provenientes del sector secundario, especialmente los generados en la industria alimenticia gracias al alto contenido en nutrientes y fuentes de carbono que son necesarios para llevar a cabo el proceso con ayuda de microorganismos.

A partir de análisis bibliográfico se identificaron los diferentes procesos llevados a cabo en la industria para la obtención del biogás, los cuales aprovechan los residuos generados en la industria para la minimización del impacto ambiental que estos generan al entorno, con el fin de usarlos como materia prima con ayuda de biodigestores y microorganismos en la mayoría de los casos por digestión seca o húmeda, evaluando mediante estudios de pH, humedad, sólidos totales, determinación química de oxígeno, C/N, entre otros las propiedades y composición del producto final con altos estándares de calidad en la disminución de contaminantes tóxicos y peligrosos

Así mismo, la importancia de la aplicación de la Norma Internacional ISO 14001:2015 radica en la implementación de esta en todas las organizaciones que estén directamente relacionadas con la prevención y minimización del impacto ambiental a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que se generan en la industria, viéndose reflejada en la política, alcance y objetivos de la misma en relación a la normativa, verificando y controlando cada una de las estrategias de mejora continua en el sistema de gestión ambiental en cada una de las falencias y dificultades que se presente a lo largo del proceso.

Adicionalmente, una adecuada implementación del sistema de gestión ambiental, requiere una verificación y control continuo con ayuda de indicadores de gestión (calidad, eficiencia, eficacia y efectividad) en donde la alta dirección delegue las actividades propuestas en cada una de las etapas del proceso y así mismo se evalúe el rendimiento

de las mismas con el fin de analizarlas bajo la ficha técnica de indicadores o análisis DOFA en donde el encargado pueda determinar a partir de los resultados obtenidos las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que puedan afectar la productividad y el desarrollo de la empresa tanto interna como externamente y así mismo buscar una solución en el menor tiempo posible para la minimización de riesgos y problemas que puedan afectar el plan de mejora continua que la empresa tiene a su alcance y evaluar después de ello si lo establecido puede solventar las falencias o requiere de un nuevo proceso de verificación para su solución, estando está documentada en el caso de necesitarse en auditorias o para realizar un seguimiento continuo en las tareas con el fin de cumplir a cabalidad la normativa ambiental y obtener mayor crecimiento y desarrollo en el mercado ofertado un biogás con altos estándares de calidad para satisfacer las necesidades de los clientes y consumidores con la disminución del impacto ambiental al aprovechar la acumulación de residuos sólidos orgánicos en su obtención.

5. RECOMENDACIONES

La empresa relacionada en el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la obtención de sus productos, deben tener claros sus objetivos, alcance y políticas con base a la Norma Internacional ISO 14001:2015 para su cumplimiento, ya que esta es la que dicta si lo llevado a cabo en la empresa se ha cumplido a cabalidad o de lo contrario se debe reestructurar el sistema de gestión ambiental de la misma.

Así mismo para la ecualización y verificación de las estrategias planteadas para cumplir con los objetivos planteados por la empresa, es necesario llevar un control periódico en donde se analicen los resultados obtenidos en cada una de estas en relación a indicadores de gestión (calidad, eficiencia, efectividad y eficacia) para determinar si estos resultados son satisfactorios o no, con base a ello se toman lineamientos y controles más específicos en la estructuración del sistema de gestión ambiental hasta su punto de equilibrio sin quedarse en una zona de confort.

Al ser la empresa un engranaje, todas las etapas del proceso deben cumplirse a cabalidad de acuerdo a lo obtenido en el paso anterior, con el fin de minimizar los problemas operativos, económicos y ambientales dentro del proceso, los cuales se evalúan a partir del plan de mejora continuo establecido para el proceso de producción de biogás, obteniendo un producto con la menor cantidad de contaminantes tóxicos y peligrosos en sus propiedades y características y buscar un desarrollo en el aprovechamiento de los residuos que salen del proceso ya sea como materia prima o una integración energética con otros productos de la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- Acolgen. (2019). La energía que impulsa a Colombia. Consultado el 19 de noviembre de 2021. <https://www.acolgen.org.co/>
- Acosta, L, et.al. (2005). La digestión anaerobia, aspectos teóricos parte I, *redalyc*. XXXIX(1), 35-48. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659006.pdf>
- Agromeat. (s.f). Lombricultura. Consultado el 20 de noviembre de 2021. https://www.adiveter.com/ftp_public/A1261007.pdf
- Andrade, A., Restrepo, A., & Tibaquirá, J. E. (2018). Estimación de biogás de relleno sanitario, caso de estudio: Colombia. *Entre ciencia e ingeniería*, 12(23), 40-47.
- Ávila, J. (2021). *Aprovechamiento de residuos de caña de azúcar (Saccharum officinarum) y generación de ingresos de los productores, cantón 24 de mayo* [tesis pre, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2974/1/TESIS%20FINAL%20JENNIFER%20PRISCILA%20AVILA.pdf>
- Barrena Gurbillón, M. Á., Maicelo Quintana, J. L., Gamarra Torres, O. A., Oliva Cruz, S. M., Leiva Espinoza, S. T., Taramona Ruíz, L. A., ... & Ordinola Ramírez, C. M. (2019). Biogás: producción y aplicaciones.
- Bolaños, E, et.al. (2017). *Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos generados en la finca el mirador vereda san isidro, municipio de Belén de los Andaquíes departamento de Caquetá* [tesis pre, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/17742/1/12975823.pdf>
- Briseño, L. (2017). *Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía*, tesis pos. Posgrado Interinstitucional Ciencia y Tecnología, Santiago de Querétaro, México. <https://onx.la/f7189>
- Campuzano Calderón, O. (2017). Estudio de la remoción de sulfuro de hidrógeno y de dióxido de carbono presente en el biogás, por medio de un reactor de columna de burbujeo operado a baja presión.

- Cárdenas, H. (2019). Riesgos ambientales y sociales en la producción de panela. Consultado el 30 de noviembre de 2021. <https://www.asobancaria.com/documentos/biblioteca-de-innovacion-financiera/Riesgos%20Ambientales%20y%20Socuales%20Sector%20Panela.pdf>
- Cardona, J, et.al. (2016). Implementación de alternativas para la adecuada Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Aislados de la Provincia del Tequendama, y el Alto Magdalena en el municipio de Cundinamarca, Colombia, *Rev. Tecnol. y Product. Girardot, Reg. Cundinamarca*, 2(2). 73– 82.
- Castilla y León. (s.f). Aplicaciones de la energía solar térmica. Consultado el 19 de noviembre de 2021. <https://energia.jcyl.es/web/es/energias-renovables-ordenacion-energetica/aplicaciones-energia-solar-termica.html>
- Castro, I. (2016). *Potencial de biogás a partir de estiércol animal e implementación de plantas de biogás en Chile para el tratamiento de desechos en segmento ganadero definido*. Tesis magister. Universidad Técnica Federico Santa María. <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/22113/3560902048738UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cendales, E y Jiménez, S. (s.f). Modelamiento computacional de la producción de energía renovable a partir del biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino. *rev. esc.adm.neg*, 77, 42-63. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n77/n77a02.pdf>
- Cinnamon, B. (2004). The Economics of solar Energy for California a White Paper, *Akeena Solar, Crossborder Energy, & Coast Hills Partners. California*, 60–62.
- Consejería de Economía Innovación y Ciencia (CEIC). (2011). Estudio básico del biogás, *Agencia Andaluza la Energ.*,166.
- Contreras, L. (2006). Digestión anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos. El caso de Perú. Barcelona, España: Escuela Técnica de Ingeniería Industrial.
- Corponariño. (6 de agosto de 2002). Decreto 1713 de 2002. Consultado el 24 de octubre de 2021. <https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2002decreto1713.pdf>
- Doña Juana, B. (s.f). Biogás Doña Juana. Consultado el 22 de octubre de 2021. <http://www.biogas.com.co>

- Dussan, J. (2009). Aproximaciones biológicas y fisicoquímicas en el tratamiento de contaminantes: un resumen del aporte de la Universidad de los Andes. *Revista de Ingeniería*, 30, 100-111. <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/233>
- ECO GmbH. (2021). Qué es el biogás. Consultado el 2 de diciembre de 2021. <https://www.eco-gmbh.eu/es/temas/biogas.html>
- El Nuevo Siglo. (2020). Gestión de residuos orgánicos, un desafío para Colombia. Consultado el 19 de noviembre de 2021. <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/02-2020-gestion-de-residuos-organicos-un-desafio-para-colombia>
- Empresas Públicas de Medellín. (2010). Jepírachi: una experiencia con la comunidad indígena Wayúu de la Alta Guajira colombiana. Medellín: EPM.
- ENRES. (septiembre de 2018). Proyectos de aprovechamiento energético a partir de residuos urbanos en México. Consultado el 2 de diciembre de 2021. <https://www.giz.de/en/downloads/giz2019-ES-EnRes-Proyectos-de-Aprovechamiento.pdf>
- Eraso, F y Erazo, O. (s.f). Potencial Natural para el Desarrollo Fotovoltaico en Colombia, *U mariana*, 52–59.
- FAO. (2019). Guía teórico practica sobre el biogás y los biodigestores. Consultado el 2 de diciembre de 2021. http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf
- Función pública. (18 de diciembre de 1974). Decreto 2811 de 1974. Consultado el 23 de octubre de 2021. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=1551
- Gimeno, J, et.al. (2014). Módulos Fotovoltaicos - Curso 'Energía Solar Fotovoltaica / Una Apuesta de Futuro Sostenible. 1–70.
- Gómez, J, et. al. (2017). La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales esenciales, antecedentes y perspectivas. <https://acortar.link/wmdB7d>.
- González. (s.f). Energía mareomotriz. CITE Energía. Consultado el 19 de noviembre de 2021. <http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2021/06/Energia-mareomotriz.pdf>

- González, C. (2019). El viento del este llega con revoluciones. Multinacionales y transición con energía eólica en territorio Wayúu. Bogotá: Fundación Heinrich Böll.
- González, J. R. Q., & González, L. E. Q. (2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Gestión y ambiente*, 18(2), 121-134.
- Grisales, S y Arellano, G. (2017). *Análisis comparativo sobre las tecnologías de la digestión anaerobia húmeda y seca*. [tesis pre, Universidad de San Buenaventura].
http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/6131/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20sobre%20las%20tecnolog%C3%ADa_Stephanie%20Grisales%20R_2017.pdf
- Guerrero-Peña, A. (2017). Residuos orgánicos de la agroindustria azucarera: retos y oportunidades. *Agro Productividad*, 10(11). Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/56>
- Guillen Santiz, E. I. (2018). *Evaluar la productividad y eficiencia de biogás en un sistema de biorreactores*. [informe, Instituto Tecnológico Nacional de México]
<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2944/MDRPIQ2018008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, M, et. al. (2017). Generación de biogás a partir del aprovechamiento de residuos sólidos biodegradables en el Tecnológico de Costa Rica, Sede Cartago *tecnología en marcha*. vol. 31(2), 159-170.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n2/0379-3982-tem-31-02-159.pdf>
- Hernández, S. S. (2021). Purificación del biogás para su uso en motores: e15. *Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura*, 2(1).
- Hernández, E. C., Mery, C. S., Collao, V. F., & Rodríguez, L. L. Comparación entre generación de biogás por medio de digestión anaerobia seca y húmeda, de residuos orgánicos provenientes de ferias libres. *línea*]. Available: <http://www.amica.com.mx/issn/Tabasco/AMI-121.pdf>.
- Hoyos, S, et.al. (2017). Integración de fuentes no convencionales de energía renovable al mercado eléctrico y su impacto sobre el precio, *revista ingeniería y ciencia*, 12, 115-146. <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v13n26/1794-9165-ince-13-26-00115.pdf>

- ICONTEC (23 de septiembre de 2015). Sistema de gestión ambiental, requisitos con orientación para su uso. Consultado el 02 de noviembre de 2021. https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015.pdf
- Iván, Z. (2007). *Biodigestores*, [tesis pre. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Available:<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>
- León, C, et. al (2019). Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol, *revista Arnaldoa*, 1017-1032.
- Lozano, M. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. *Revista electrónica Nova Scientia*. 7(15), 96-115. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n15/2007-0705-ns-7-15-00096.pdf>
- Maldonado, J. (2002). Rellenos sanitarios guía ambiental. Consultado el 20 de noviembre de 2021. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005574/cartillas/rellenossanitarios/Rellenossanitarios1.pdf>
- Martín San José, C. (2018). Obtención de biogás a partir de residuos agrícolas activados con agentes inoculantes.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (17 de noviembre de 2000). Resolución 1096 de 2000. Consultado el 24 de octubre de 2021. https://cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Resolucion%201096%20de%202000-Nov-17.pdf
- Ministerio del Interior (22 de diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. Consultado el 24 de octubre de 2021. https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/dacn_ley_99_de_1993_0.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. (agosto de 1997). Política para la Gestión Integral de Residuos. Consultado el 24 de octubre de 2021. <https://onx.la/9ce2c>
- Ministerio de Minas y Energía (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia.

- http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf
- Morales, C. (2013). Cálculo de una Tarifa de Alimentación para Instalaciones Fotovoltaicas Residenciales en Colombia, *Semest. Económico*, 16(34), 13–40.
- Moreno, P. (2013). Energía eólica: ventajas y desventajas de su utilización en Colombia. Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10602/Monograf%c3%ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navarro-Puyuelo, A., Reyero, I., Reyero, I., Moral, A., Bimbela, F., y Gandía, L. M., (2017). Rutas y retos para la valorización de biogás. Bogotá, 14(1), 211-224.
- Obando, G. (2007). Producción de biogás en reactores anaeróbicos bajo diferentes configuraciones de operación, *rev Apl Innov*, 96-103. https://app.tecsup.edu.pe/file/sga/documentos/revistali/li_2/2.pdf
- Ordoñez, M y Rueda, L. (2017). Evaluación de los impactos socioambientales asociados a la producción de panela en Santander (Colombia), *corpoica*, 18(2), 379-396.
- Pabuena, M y Pasqualino, J. (2014). Potencial de uso de biogás en Colombia, *revista TEKNOS*, 14(2), 27-33.
- Padilla, A y Rivero, J. (2015). Producción de Biogás y compost a partir de Residuos Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna, *Revista ciencia y tecnología*, 1, 29-43. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/1358>
- Paredes, R y López, B. (2005). Generación de energía con biogás de residuos agrícolas en plantas agroindustriales La Libertad – Perú, *Advances in Engineering and Technology*, 1-16. http://www.laccei.org/LACCEI2005-Cartagena/Papers/EN015_BacaLopez.pdf
- Pellegrini, L.M., De Guido, G., Langé, S. (2017). Biogas to liquefied biomethane via cryogenic upgrading technologies, *Renew. Energ.* Artículo en impresión (doi: 10.1016/j.renene.2017.08.007)
- Pico Poma, L. P. (2018). *Simulación del proceso de digestión anaerobia para predecir la producción de biogás a partir de residuos de la industria panelera en la Provincia de Pastaza* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).

- Quintero, J y Quintero, L. (2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Tidal energy: potential energy and environment*. 18(2), 121-134.
- Ramos, C. (2005). Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura, *revista CENIC Ciencias Químicas*, 36(1), 45-53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620586010>
- REN21. (2016). Steering Committee, Renewables 2016 global status report.
- República de Colombia. (4 de julio de 1991). Constitución política de Colombia. Consultado el 24 de octubre de 2021. <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>
- Reyes, E. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos, *revista científica de FAREM-Esterli, Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*, 60-81
- Reyes, E. (2016). Producción de biogás a partir de Biomasa, *Adaptación al cambio climático*, 11-22. <https://repositorio.unan.edu.ni/6466/1/237-880-1-PB.pdf>
- Rivera, R, et. al. (2020). Producción de biogás mediante codigestión de estiércol bovino y residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), *Rev. Int. Contam. Ambie*, 529-539.
- Robinson, T, et.al. (2002). Fermentación en estado sólido: una tecnología microbiana promisoría para la producción de metabolitos secundarios, *vitae revista de la facultad de química farmacéutica*, 9(2), 27-36. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169818107003.pdf>
- Rodríguez Silva, L. A., & Bolaños Ortiz, R. E. (2017). Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos generados en la finca el mirador vereda San Isidro, municipio de Belén de los Andaquíes departamento de Caquetá.
- Sánchez, M. (2020). *Sostenibilidad del sistema de tratamiento de estiércol para producir biogás y biobonos en Shumaya, Distrito de Huarango, San Ignacio, Cajamarca*. Tesis pre. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. <http://181.176.222.66/bitstream/handle/UNTRM/2084/S%c3%a1nchez%20Racho%20Helvert%20Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Saha, D., Grappe, H. A., Chakraborty, A., Orkoulas, G. (2016). Postextraction Separation, On-Board Storage, and Catalytic Conversion of Methane in Natural Gas: A Review, *Chem. Rev.* 116, 11436-11499
- Salihu, A., Alam, M. Z. (2015). Upgrading strategies for effective utilization of biogas, *Environ. Prog. Sustain. Energy* 34, 1512–1520.
- Servicio Geológico Colombiano. (2019). Geotermia en Colombia. Consultado el 19 de noviembre de 2021. <http://rirc.itiud.org/Documents/1589250205.pdf>
- Silva, J. (2002). *Tecnología del biogás*. [tesis pre, Universidad del Valle]. Repositorio Universidad del Valle. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>
- Solano, O, et.al. (2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad, *revista tecnología en marcha*, 23, 39-45. <https://onx.la/6dd02>
- Soto, J, et. al. (2017). Caracterización fisicoquímica del efluente proveniente del tratamiento de residuos orgánicos del mercado Hidalgo de Irapuato a partir de un biodigestor de Geomembrana para su uso como biofertilizante, 4, 26-37.
- Soto, R. (2016). *Obtención de biogás a partir de residuos sólidos agrícolas y de producción de biodiesel*, [tesis pre, Universidad de la Laguna]. <https://onx.la/2a7e3>
- Suárez, V, et. al. (2019). Estimación de la producción de biogás a partir de un modelo de simulación de procesos. *Revista centro azúcar*, 46, 73-85.
- Takeuchi, N. (2014). II FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES: ENERGÍA SOLAR, in *Energía y medio ambiente: manual básico de innovaciones tecnológicas para su mejor aprovechamiento*, M. Á. Porrúa, Ed. México D.F. 33–58.
- UCO. (s.f). Sectores productivos en la Industria. Consultado el 2 de diciembre de 2021. <https://onx.la/2bc81>
- Universo Porcino. (2011). Beneficio en el uso de biodigestores. Consultado el 3 de diciembre de 2021. <https://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/15-beneficios.pdf>
- Varnero, M. (2011). Manual del biogás. Consultado el 26 de octubre de 2021. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Vega Martínez, D. J., & Silva Ariza, F. L. Estudio para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante la biodigestión en el municipio de Rionegro, Santander.

Venegas, J, et. al. (2019). Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas, *análisis económico*, 169-187.