



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustrias

Tema:

“OBTENCIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO EN BIODIGESTORES ANAEROBIOS CON RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL EN EL CAMPUS LAGUACOTO II.”

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.

Autoras:

Carla Elizabeth Llanos García

Geoconda Nataly Agualongo Caiza

Tutor:

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza

Guaranda – Ecuador

2024

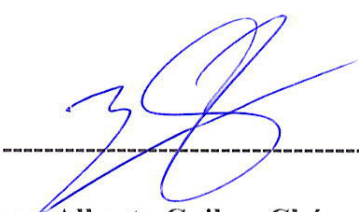
Tema:

OBTENCIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO EN BIODIGESTORES ANAEROBIOS CON RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL EN EL CAMPUS LAGUACOTO II.”


REVISADO Y APROBADO POR:



(Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc)
TUTOR(A)



(Dr. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.)
PAR LECTOR(A)



(Ing. Daysi Margoth Guanga Chunata MSc)
PAR LECTOR(A)

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

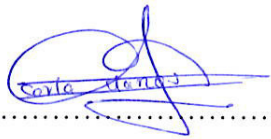
Yo, Carla Elizabeth Llanos Garcia, con CI 0202523858, y Geoconda Nataly Agualongo Caiza, con CI: 0202144986, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Se otorgó ante mi y en fe de ello
confiero ésta ~~primera~~..... copia
certificada, firmada y sellada en
Guaranda,..... de del 20..23


Dr. Hernán Criollo Arcos
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTÓN GUARANDA





Carla Elizabeth Llanos Garcia
CI: 0202523858



Geoconda Nataly Agualongo Caiza
CI: 0202144986



Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza
CI: 0201668043



20230201002P01758 DECLARACION JURAMENTADA
OTORGAN: CARLA ELIZABETH LLANOS GARCÍA Y OTRA
CUANTIA: INDETERMINADA
DI 2 COPIAS



En la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día viernes 14 de diciembre de dos mil veintitrés, ante mí DOCTOR HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS, NOTARIO SEGUNDO DE ESTE CANTÓN, comparecen las señoritas: Carla Elizabeth Llanos García y Geoconda Nataly Agualongo Caiza, por sus propios derechos. Las comparecientes son de nacionalidad ecuatorianaS, mayores de edad, de estados civil solteras, domiciliadas en esta ciudad de Guaranda, con celular número: cero nueve nueve cero cinco cero seis dos siete dos y cero nueve ocho ocho nueve cero ocho siete cinco, correo electrónico: carlitallanos1999@gmail.com y natalyagualongo60@gmail.com, a quienes de conocerlas doy fe en virtud de haberme exhibido sus cédulas de ciudadanía en base a la que procedo a obtener sus certificados electrónicos de datos de identidad ciudadana, del Registro Civil, mismo que agrego a esta escritura como documentos habilitantes; bien instruidas por mí el Notario en el objeto y resultados de esta escritura de Declaración Juramentada que a celebrarla proceden, libre y voluntariamente.- En efecto juramentado que fue en legal forma previa las advertencias de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud, declaran lo siguiente: “Que previo a la obtención del Título de Ingenieras Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, de la carrera de Agroindustria, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente Proyecto de investigación Titulado: **“OBTENCIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO EN BIODIGESTORES ANAEROBIOS CON RESIDUOS AGROINDUTRIALES DEL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL EN EL CAMPUS LAGUACOTO II.”**, es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autoras, además autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenece o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Es todo cuanto tenemos que decir en honor a la verdad”. Hasta aquí la declaración juramentada que junto con los documentos anexos y habilitantes que se incorpora queda elevada a escritura pública con todo el valor legal, y que los comparecientes aceptan en todas y cada una de sus partes, para la celebración de la presente escritura se observaron los preceptos y requisitos previstos en la Ley Notarial; y, leída que le fue a las comparecientes por mí el Notario, se ratifican y firman conmigo en unidad de acto quedando incorporada en el Protocolo de esta Notaría, de todo cuanto DOY FE.


Carla Elizabeth Llanos García
C.C. 0202523858


Geoconda Nataly Agualongo Caiza
C.C. 0202144986


DR. HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS
NOTARIO SEGUNDO DE CANTÓN GUARANDA



CERTIFICADO DIGITAL DE DATOS DE IDENTIDAD

Número único de identificación: 0202523858

Nombres del ciudadano: LLANOS GARCIA CARLA ELIZABETH

Condición del cedulado: CIUDADANO

Lugar de nacimiento: ECUADOR/BOLIVAR/GUARANDA/GABRIEL
IGNACIO VEINTIMILLA

Fecha de nacimiento: 22 DE NOVIEMBRE DE 1999

Nacionalidad: ECUATORIANA

Sexo: MUJER

Instrucción: SUPERIOR

Profesión: ESTUDIANTE

Estado Civil: SOLTERO

Cónyuge: No Registra

Fecha de Matrimonio: No Registra

Datos del Padre: LLANOS VARGAS NERVO MESIAS

Nacionalidad: ECUATORIANA

Datos de la Madre: GARCIA ARGUELLO SUSANA NARCISA

Nacionalidad: ECUATORIANA

Fecha de expedición: 29 DE ENERO DE 2019

Condición de donante: SI DONANTE

Información certificada a la fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2023

Emisor: HERNAN RAMIRO CRIOLLO ARCOS - BOLIVAR-GUARANDA-NT 2 - BOLIVAR - GUARANDA



N° de certificado: 238-959-71225



238-959-71225

Ing. Carlos Echeverría.

Director General del Registro Civil, Identificación y Cedulación

Documento firmado electrónicamente





CERTIFICADO DIGITAL DE DATOS DE IDENTIDAD

Número único de identificación: 0202144986

Nombres del ciudadano: AGUALONGO CAIZA GEOCONDA NATALY

Condición del cedulado: CIUDADANO

Lugar de nacimiento: ECUADOR/BOLIVAR/GUARANDA/SAN SIMON

Fecha de nacimiento: 10 DE ENERO DE 1998

Nacionalidad: ECUATORIANA

Sexo: MUJER

Instrucción: BACHILLERATO

Profesión: BACHILLER

Estado Civil: SOLTERO

Cónyuge: No Registra

Fecha de Matrimonio: No Registra

Datos del Padre: AGUALONGO CAIZA LUIS FRANCISCO

Nacionalidad: ECUATORIANA

Datos de la Madre: CAIZA AMANGANDI MARIA LUISA

Nacionalidad: ECUATORIANA

Fecha de expedición: 17 DE SEPTIEMBRE DE 2022

Condición de donante: NO DONANTE

Información certificada a la fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2023

Emisor: HERNAN RAMIRO CRIOLLO ARCOS - BOLIVAR-GUARANDA-NT 2 - BOLIVAR - GUARANDA



N° de certificado: 235-959-71364



235-959-71364

Ing. Carlos Echeverría,

Director General del Registro Civil, Identificación y Cedulación

Documento firmado electrónicamente



REPÚBLICA DEL ECUADOR
DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTRO CIVIL, IDENTIFICACIÓN Y CEDULACIÓN

CÉDULA DE CIUDADANÍA N° 020252385-8




LLANOS GARCIA CARLA ELIZABETH
LUGAR DE NACIMIENTO
BOLIVAR GUARANDA
GABRIEL IGNACIO VEINTIMILLA
FECHA DE NACIMIENTO **1999-11-22**
NACIONALIDAD **ECUATORIANA**
SEXO **MUJER**
ESTADO CIVIL **SOLTERO**



INSERCIÓN: **SUPERIOR** PROFESIÓN / OCUPACIÓN: **ESTUDIANTE** E133311222

APELLIDOS Y NOMBRES DEL PADRE: **LLANOS VARGAS NERVO MESIAS**
APELLIDOS Y NOMBRES DE LA MADRE: **GARCIA ARGUELLO SUSANA NARCISA**
LUGAR Y FECHA DE EMISIÓN: **GUARANDA 2019-01-29**
FECHA DE EXPIRACIÓN: **2029-01-29**

[Signatures]



CERTIFICADO DE VOTACIÓN
18 DE OCTUBRE DE 2023 - SEGUNDA VUELTA

LLANOS GARCIA CARLA ELIZABETH N° 29767558

PROVINCIA: **BOLIVAR**
CIRCUNSCRIPCIÓN:
CANTÓN: **CHIMBO**
PARROQUIA: **ASUNCIÓN**
ZONA:
JUNTA NO. 0002 FEMENINO




N°: 0202523858



REPÚBLICA DEL ECUADOR
DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTRO CIVIL, IDENTIFICACIÓN Y CEDULACIÓN

CÉDULA DE IDENTIDAD N° 0202144986



AGUALONGO CAIZA GEOCONDA NATALY
NOMBRES
NACIONALIDAD: **ECUATORIANA**
FECHA DE NACIMIENTO: **10 ENE 1993**
LUGAR DE NACIMIENTO: **BOLIVAR GUARANDA**
SAN SIMÓN
FIRMA DEL TITULAR: *[Signature]*

SEXO: **MUJER**
N° DOCUMENTO: **036002076**
FECHA DE VENCIMIENTO: **17 SEP 2032**
NACION: **295372**


APELLIDOS Y NOMBRES DEL PADRE: **AGUALONGO CAIZA LUIS FRANCISCO**
APELLIDOS Y NOMBRES DE LA MADRE: **CAIZA AMANGANDI MARIA LUISA**
ESTADO CIVIL: **SOLTERO**

CÓDIGO DACTILAR: **VS349V2222**
TIPO SANGRE: **N/R**

DONANTE: **No donante**

LUGAR Y FECHA DE EMISIÓN: **GUARANDA 17 SEP 2022**

[Signature]
DIRECTOR GENERAL



I<ECU0360020764<<<<<<0202144986
9801107F3209170ECU<NO<DONANTE3
AGUALONGO<CAIZA<<GEOCONDA<NATA

CERTIFICADO DE VOTACIÓN
18 DE OCTUBRE DE 2023 - SEGUNDA VUELTA

AGUALONGO CAIZA GEOCONDA NATALY N° 40567385

PROVINCIA: **BOLIVAR**
CIRCUNSCRIPCIÓN:
CANTÓN: **GUARANDA**
PARROQUIA: **GABRIEL I VEINTIMILLA**
ZONA: **1**



[Handwritten mark]



Factura: 001-002-000040282



20230201002P01758

NOTARIO(A) HERNAN RAMIRO CRIOLLO ARCOS

NOTARÍA SEGUNDA DEL CANTON GUARANDA

EXTRACTO

Escritura N°:	20230201002P01758						
ACTO O CONTRATO:							
DECLARACIÓN JURAMENTADA PERSONA NATURAL							
FECHA DE OTORGAMIENTO:	1 DE DICIEMBRE DEL 2023, (14:30)						
OTORGANTES							
OTORGADO POR							
Persona	Nombres/Razón social	Tipo interviniente	Documento de identidad	No. Identificación	Nacionalidad	Calidad	Persona que le representa
Natural	LLANOS GARCIA CARLA ELIZABETH	POR SUS PROPIOS DERECHOS	CÉDULA	0202523858	ECUATORIANA	COMPARECIENTE	
Natural	AGUALONGO CAIZA GEOCONDA NATALY	POR SUS PROPIOS DERECHOS	CÉDULA	0202144986	ECUATORIANA	COMPARECIENTE	
A FAVOR DE							
Persona	Nombres/Razón social	Tipo interviniente	Documento de identidad	No. Identificación	Nacionalidad	Calidad	Persona que representa
UBICACIÓN							
Provincia		Cantón		Parroquia			
BOLÍVAR		GUARANDA		ANGEL POLIVIO CHAVEZ			
DESCRIPCIÓN DOCUMENTO:							
OBJETO/OBSERVACIONES:							
CUANTÍA DEL ACTO O CONTRATO:	INDETERMINADA						


NOTARIO(A) HERNAN RAMIRO CRIOLLO ARCOS
NOTARÍA SEGUNDA DEL CANTÓN GUARANDA



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a Dios todo poderoso, a mi querido tutor por ayudarme y orientarme en todo este proceso, a mi familia que a pesar de las circunstancias no me dejaron sola y recibí siempre su apoyo incondicional, a mi compañera de tesis porque solo las dos sabemos todo lo que pasamos y cuantas lágrimas y sacrificios nos costó terminar la carrera.

Carla Llanos

DEDICATORIA

Agradezco primero a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mí vida, aunque no ha sido fácil. A mi madre que es un pilar fundamental por apoyarme y culminar mi carrera profesional. A mi hija Sofía que es la fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día. A mi mejor amiga y compañera de tesis que juntas logramos llegar hasta el final del camino no ha sido fácil, pero a pesar de todo logramos.

Nataly Agualongo

AGRADECIMIENTO

Empiezo agradeciendo a Dios por darme la fuerza para continuar a pesar de las adversidades presentadas. Mi tutor Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza por todo su tiempo, paciencia, conocimiento, consejos y apoyo incondicional. Mi compañera y amiga Nataly Agualongo por todo lo vivido desde que empezamos este reto llamado universidad; finalizo agradeciendo a mi familia por acogerme en su seno y llevarme por el sendero del bien, por el esfuerzo realizado para darme una educación académica.

Carla Llanos

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios, a mí madre que siempre me ha brindado su apoyo incondicional. A mi hija Sofía que es el mejor regalo que pude tener es mi fuente de inspiración en salir adelante

Mi amiga y compañera Carla Llanos con quien hemos pasado momentos inolvidables llenos de alegrías y tristes sin embargo hemos sabido salir adelante a pesar de las dificultades y que en este momento hemos cumplido una etapa más en nuestras vidas.

Le agradezco profundamente a Mi tutor Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza por su dedicación, paciencia, sin sus palabras y conocimientos no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada gracias por su guía y todos sus consejos.

Nataly Agualongo

Tabla de contenido

CAPITULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1. Objetivo General	¡Error! Marcador no definido.
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. HIPOTESIS	¡Error! Marcador no definido.
1.4.1. Hipótesis nula (Ho).....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.2. Hipótesis alterna (Ha)	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO II.....	¡Error! Marcador no definido.
2. MARCO TEORICO	¡Error! Marcador no definido.
2.1. Biodigestores	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Clasificación de los biodigestores.....	6
2.2.1. Biodigestores tipo Batch	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2. Biodigestores tubulares o taiwaneses.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3. Biodigestores chinos o rígidos	¡Error! Marcador no definido.
2.2.4. Continuos	¡Error! Marcador no definido.
2.2.5. Semi-continuos.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3. Digestión anaerobia.....	8
2.3.1. Fases de la digestión Anaerobia	8
2.4. Etapas de la fermentación Anaerobia	9
2.4.1. Etapa hidrolítica.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1.1. Bacterias que participan en la hidrólisis	10
2.4.2. Etapa acidogénica.....	10
2.4.2.1. Bacterias que participan de la acidogénesis	11
2.4.3. Etapa acetogénica.....	11
2.4.3.1. Bacterias que participan de la acetogénesis	11
2.4.4. Etapa metanogénica	12
2.4.4.1. Bacterias que participan de la metanogénesis	12
2.5. Sustrato	13
2.6. El inóculo.....	14
2.7. Cinética de crecimiento microbiano	14
2.8. Temperatura	17

2.9. Residuos Agroindustriales	17
2.9.1. Lactosuero	18
2.9.2. Residuos Cárnicos	18
2.9.3. Residuos de cereales	19
2.10. Biogás	20
2.10.1. Características del biogás	20
2.10.2. Usos del biogás	21
2.11. Electricidad	21
2.11.1. Generación de electricidad a partir de biogás	24
CAPITULO III	28
3. MARCO METODOLOGICO	28
3.1. Materiales	28
3.1.1. Localización de la Investigación	28
3.1.2. Ubicación de la Investigación	28
3.1.3. Situación geográfica y climática	29
3.1.4. Zona de vida	29
3.2. Materiales, equipos, insumos y reactivos	29
3.2.1. Material experimental	29
3.2.2. Material de campo	29
3.2.3. Materiales de oficina	30
3.2.4. Materiales de trabajo en campo	30
3.2.5. Equipos	30
3.3. MÉTODOS	33
3.3.1. Factores de estudio	33
3.3.2. Tratamientos	33
3.3.3. Características del experimento	34
3.4. Diseño experimental	34
3.5. Análisis estadísticos	35
3.5.1. Modelo de análisis de varianza	35
3.6. Modelo pruebas de rangos múltiples	36
3.6.1. Método LSD (diferencia mínima significativa)	36
3.7. Métodos de evaluación y datos a tomar	36
3.7.1. Determinación del porcentaje de humedad (%H)	36
3.7.2. Determinación de Cenizas	38

3.7.3. Análisis de sólidos totales, fijos y volátiles.....	38
3.7.4. Determinación y análisis elemental a la mezcla de la materia prima.....	40
3.7.5. Diseño a escala de cada tratamiento.....	40
3.7.6. Relación Carbono / Nitrógeno (C/N) de la muestra.....	40
3.7.7. Cálculo de la concentración de materia prima.....	41
3.7.8. Cantidad de agua requerida.....	41
3.7.9. Volumen líquido del biodigestor tubular.....	42
3.7.10. Volumen del Biogás.....	42
3.7.11. Volumen total del biodigestor tubular.....	42
3.7.12. Diseño del biodigestor tubular.....	43
3.7.13. Diseño de la zanja del biodigestor tubular.....	44
3.7.14. Análisis físico-químico del biogás.....	45
3.7.15. Potencia y poder calorífico a partir del biogás obtenido.....	45
3.7.15.1. Potencia energética.....	45
3.7.15.2. Producción de energía eléctrica.....	46
3.7.15.3. Poder calorífico.....	47
3.7.16. Análisis económico de la electricidad obtenido del biogás.....	48
3.8. Diagrama de proceso para la obtención de biogás CH ₄	56
3.8.1. Descripción del proceso.....	57
CAPITULO IV.....	58
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	58
4.1. Resultados de Generar biogás con los residuos orgánicos producidos en el campus Laguacoto II.....	58
4.1.1. Comparación de análisis elemental en relación con los resultados obtenidos de la muestra.....	60
4.1.2. Biodegradabilidad de la materia prima.....	62
4.1.3. Caracterización a nivel escala de cada tratamiento.....	62
4.2. Diseño de un biodigestor tubular (con la mezcla 10% - 90 %).....	66
4.2.1. Dimensiones del biodigestor.....	69
4.2.1.1. Ancho de Rollo.....	69
4.2.1.2. Dimensiones de la zanja del biodigestor.....	70
4.2.2. Resultados de la Caracterización físico y químico del biogás obtenido.....	72
4.3. Resultados del Cálculo de la potencia y poder calorífico.....	75
4.3.1. Cálculo del poder calorífico inferior.....	75
Tabla 29. Producción promedio de % biogas.....	75

Producción promedio de % biogas	75
4.3.2. Calculo de la potencia.	76
4.3.3. Producción de energía.....	77
4.4. Resultado del Análisis económico la electricidad obtenida	78
4.4.1. VAN y TIR del mejor tratamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5. Comprobación de hipótesis	81
4.5.1. Verificación de hipótesis	81
CAPITULO V.....	82
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1. Conclusiones	82
5.2. Recomendaciones	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85

Tablas	Pag
Tabla 1. Bacterias que participan en el proceso de fermentación durante las cuatro fases .	12
Tabla 2. Propiedades de una composición estándar de biogás	20
Tabla 3. Análisis y determinación del costo del servicio público de energía eléctrica. Periodo enero-diciembre 2023.....	23
Tabla 4. Ubicación de la investigación.....	28
Tabla 5. Parámetros climáticos.....	29
Tabla 6. Equipos	30
Tabla 7. Factores de Estudio.....	33
Tabla 8. Tratamientos de cada unidad experimental	33
Tabla 9. Característica del experimento	34
Tabla 10. Modelo análisis de varianza	35
Tabla 11. Estándares de medidas para biodigestores tubulares a partir del ancho de rollo.	43
Tabla 12. Parámetros para la obtención de las medidas óptimas del biodigestor	44
Tabla 13. Diseño de la zanja del biodigestor tubular.....	45
Tabla 14. Eficiencia de recuperación.....	46
Tabla 15. Poder calorífico del metano	48
Tabla 16. VAN/ TIR.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17. Recolección de residuos cárnicos, cereales, lacto suero por 20 días	58
Tabla 18. Comparación de análisis elemental en relación con los resultados obtenidos de la muestra	61
Tabla 19. Combinaciones de los 12 tratamientos con tres repeticiones	62
Tabla 20. Análisis de varianza (Anova) para la producción de ml del gas metano.....	64
Tabla 21. Prueba de LSD de las medias para los residuos Agroindustriales del factor A...	65
Tabla 22. Características de las materias primas	66
Tabla 23. Cumplimiento de la relación C/N.....	67
Tabla 24. Parámetros de diseño de un biodigestor tubular.....	69
Tabla 25. Tabla de diseño de biodigestores tubulares, relación óptima.	70
Tabla 26. Dimensiones de la zanga del biodigestor	71
Tabla 27. Volumen acumulado de ml CH ₄ durante 21 días.....	73
Tabla 28. Volumen acumulado de CO ₂ durante 21 días	75
Tabla 29. Producción promedio de % biogas	75
Tabla 30. PCI, producción eléctrica y potencia de T ₄ , T ₁₆ , T ₂₈	78
Tabla 31. <i>Materiales para el diseño y construcción del Biodigestor de cada tratamiento.</i>	78
Tabla 32. Materiales para los filtros	79
Tabla 33. Materiales para el cubrimiento y protección de cada biodigestor	79
Tabla 34. Activos.....	80
Tabla 35. Relación de la luz eléctrica con la construcción de un biodigestor	80
Tabla 36. VAN y TIR del mejor tratamiento.....	81

Figuras	Pag
Figura 1. Esquema del proceso de la digestión anaerobia.....	9
Figura 2. Proliferación bacteriana	14
Figura 3. Curva de crecimiento bacteriano.....	16
Figura 4. Temperatura óptima para proliferación según tipos de microorganismo	17
Figura 5. Procesos de variación de biomasa.....	27
Figura 6. (a) Estufa Nplus/sfplus-memmert; (b) Balanza analítica DHAUS (0.001g) (Laboratorio de la Universidad Estatal de Bolívar).....	37
Figura 7. Producción diaria de residuos	60
Figura 8. Medias para los residuos agroindustriales del factor A	65
Figura 9. Diseño de la zanja	72
Figura 10. Datos volumen del gas CH ₄	74
Figura 11. Volumen de CO ₂	¡Error! Marcador no definido.

Ecuaciones	Pag
Ecuación 1. Porcentaje de humedad	37
Ecuación 2. Porcentajes de cenizas	38
Ecuación 3. Sólidos totales	39
Ecuación 4. Sólidos fijos	39
Ecuación 5. Sólidos volátiles	39
Ecuación 6. Relación Carbono/Nitrógeno	40
Ecuación 7. Concentración de sólidos secos en la materia prima compuesta	41
Ecuación 8. % dilución requerida	41
Ecuación 9. Volumen líquido del biodigestor tubular	42
Ecuación 10. Volumen del Biogás	42
Ecuación 11. Volumen total del biodigestor tubular	42
Ecuación 12. Potencia del Elemento Generador	46
Ecuación 13. Energía eléctrica disponible	46
Ecuación 14. Poder calorífico inferior del biogás	47
Ecuación 15. Caudal de biogás	48
Ecuación 16. VAN	50
Ecuación 17. TIR	50

Anexos	Pag
Anexo 1. Ubicación de la investigación.....	95
Anexo 2. Combinaciones de los 12 tratamientos con tres repeticiones	96
Anexo 3. Análisis elemental de la mezcla del material experimental.....	97
Anexo 4. Determinación de humedad de residuos de cereal.....	98
Anexo 5. Requisitos para determinar humedad en lactosuero	99
Anexo 6. Requisitos para determinar cenizas y humedad en cárnicos.....	100
Anexo 7. Recolección, pesado y mezclado de los residuos agroindustriales del complejo Agroindustrial.....	101
Anexo 8. Determinación de humedad residuos agroindustriales (cárnicos, lácteos, cereales).	101
Anexo 9. Determinación de cenizas residuos agroindustriales (cárnicos, lácteos, cereales).	102
Anexo 10. Producción de biogás a pequeña escala	102
Anexo 11. Proceso de instalación de los tres mejores tratamientos en campo.	103
Anexo 12. Filtro de retención sulfuro de hidrogeno y vapor de agua	105
Anexo 13. Mediciones de los compuestos de Biogás	106

RESUMEN

Esta investigación se centró en la obtención de corriente a partir del biogás producido en biodigestores anaerobios con residuos agroindustriales del Complejo Agroindustrial en el campus laguacoto II. Inicialmente se generó biogás con los residuos orgánicos (lactosuero, cárnicos, cereales) producidos en el complejo agroindustrial realizando una caracterización de la mezcla de las materias primas experimentales en un laboratorio acreditado obteniendo un pH 6; DQO 5855; DBO₅; 1148; sólidos disueltos 4345; biodegradabilidad de MP de 0,19 cumpliendo con los estándares básicos estimulantes para la fermentación/digestión anaerobia. Se realizó un diseño factorial A*B, con tres factores de estudio Factor A: Residuos Agroindustriales S+L, Factor B: Tiempo de retención hidráulica (TRH), Factor C: Temperatura (T), dándonos un diseño de 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno trabajando con 36 unidades experimentales. Mediante un análisis ANOVA se determinó los tres mejores tratamientos T₄, T₁₆, T₂₈ con una mezcla de (10% S + 90% L), un TRH 30 días y una temperatura de 20°C. Los tres mejores tratamientos se replicaron en campo sometiéndose a un análisis físico-químico con un equipo especializado (GA5000) los parámetros medidos fueron CH₄ y CO₂ dándonos como resultado el mejor tratamiento T₁₆: 73.77% de gas metano y 22.5% de CO₂ el gas sulfhídrico H₂S y vapor de agua ya no se presenta porque se colocó filtros de limalla de hierro y bio carbón. Con el porcentaje de metano disponible de los tres mejores tratamientos se calculó el poder calorífico T₄ 2429.88 MJ/m³, T₁₆ 2640.85 MJ/m³, T₂₈ 2226.93 MJ/m³ y la potencia T₄ 0.32kWh/año, T₁₆ 0.35kWh/año, T₂₈ 0.29kWh/año. Se analizó económicamente la electricidad obtenida en base al costo de implementación del mejor biodigestor y el costo de un generador para convertir la energía mecánica a eléctrica dándonos un total de \$235 y comparado con un consumo de energía de una planta promedio es de \$30 mensuales; la vida útil de un biodigestor construido con los materiales utilizados puede llegar a durar un aproximado de 5 años en cual el consumo de energía eléctrica sería de \$1800.

Palabras claves: Digestión anaerobia, Biogás, potencia, poder calorífico, electricidad

SUMMARY

This research focused on obtaining electricity from biogas produced in anaerobic Biodigesters with Agroindustrial wastes from the Agroindustrial Complex at the Laguacoto II campus. Initially, biogas was generated with organic wastes (whey, meat, cereals) produced in the Agroindustrial complex by characterizing the mixture of experimental raw materials in an accredited laboratory, obtaining a pH 6; COD 5855; BOD₅; 1148; dissolved solids 4345; PM biodegradability of 0.19, complying with the basic stimulating standards for anaerobic fermentation/digestion. An A*B factorial design was carried out, with three study factors Factor A: Agroindustrial waste S+L, Factor B: Hydraulic retention time (HRT), Factor C: Temperature (T), giving us a design of 12 treatments with three replicates each, working with 36 experimental units. An ANOVA analysis was used to determine the three best treatments T4, T16, T28 with a mixture of (10% S + 90% L), a HRT of 30 days and a temperature of 20°C. The three best treatments were replicated in the field and subjected to a physical-chemical analysis with specialized equipment (GA5000). The parameters measured were CH₄ and CO₂, resulting in the best treatment T16: 73.77% methane gas and 22.5% CO₂, H₂S hydrogen sulfide gas and water vapor are no longer present because iron filings and bio carbon filters were used. With the percentage of methane available from the three best treatments, the calorific value T4 2429.88 MJ/m³, T16 2640.85 MJ/m³, T28 2226.93 MJ/m³ and the power T4 0.32kWh/year, T16 0.35kWh/year, T28 0.29kWh/year were calculated. The electricity obtained was analyzed economically based on the cost of implementing the best Biodigester and the cost of a generator to transform the mechanical energy into electrical energy, giving us a total of \$235 and compared with an average plant energy consumption of \$30 per month; the useful life of a Biodigester built with the materials used can last approximately 5 years in which the electrical energy consumption would be \$1.132.

Key words: Anaerobic digestion, biogas, power, calorific value, electricity.

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La fabricación de energía a partir del biogás producido en biodigestores anaerobios con residuos agroindustriales es una práctica cada vez más común y selecto en el campo de la energía renovable. Los biodigestores anaerobios son sistemas diseñados para descomponer la materia orgánica en ausencia de oxígeno, lo que resulta en la producción de biogás y utilizarlo para generar energía es un paso para mitigar el cambio climático y adaptarse a él. Es un sustituto que transiciona a la vez que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con los vertederos. Además, "por su capacidad de recuperar materia y energía (digestión anaerobia) se considera la mejor tecnología para el tratamiento de residuos orgánicos" (Hadi et al., 2019)

La producción de biogás mediante digestión anaerobia no recibe suficiente atención en todo el mundo, a pesar de sus múltiples beneficios. El informe de la Asociación Mundial del Biogás, que se presentó en la Cumbre Mundial del Biogás de 2019, afirma que esta alternativa solo se utiliza actualmente al 2 % de todo su potencial y que, si se aplica de forma sostenible, podría suponer una reducción del 10-13 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (Rico, 2019).

Los despojos agroindustriales, como los desechos de cultivos, restos de cosechas, estiércol animal, restos de alimentos y otros subproductos orgánicos, son una valiosa fuente de materia prima para los biodigestores. Estos residuos son ricos en materia orgánica y contienen compuestos biodegradables que pueden ser transformados en biogás a través de un proceso anaerobio (Sáez, 2022)

El biogás es una composición de gases compuesta especialmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), junto con pequeñas cantidades de otros gases como nitrógeno (N_2), hidrógeno (H_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). Este biogás puede ser utilizado como una fuente de energía renovable, ya que el metano es un gas de efecto invernadero más potente que el dióxido de carbono y su captura y aprovechamiento contribuyen a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Bernal M. , 2019)

La utilización de residuos agroindustriales en biodigestores anaerobios para la obtención de electricidad a partir de biogás ofrece numerosos beneficios. En primer lugar, contribuye a la gestión sostenible de los restos, ya que estos se convierten en una fuente de energía renovable en lugar de ser desechados o quemados de manera inadecuada, lo que puede causar impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Además, reduce la dependencia de los combustibles fósiles, ayudando a diversificar la matriz energética y promoviendo la transición hacia una economía baja en carbono. Asimismo, la generación de electricidad a partir del biogás puede proporcionar ingresos adicionales a los agricultores y empresas agroindustriales, ya que se convierten en productores de energía (Briseño, 2017).

Los combustibles leñosos quemados, el estiércol y los residuos agrícolas son ejemplos de biomasa tradicional utilizada para calentar y cocinar. Con este método se obtiene energía de forma fácil y directa. Pero si se compara con los sistemas contemporáneos, la combustión tradicional de biomasa es un método ineficiente que no puede satisfacer las demandas del mundo moderno, hambriendo de energía. También es fundamental tener en cuenta los efectos negativos que el uso tradicional de la energía de la biomasa tiene sobre el medio ambiente y la salud humana (Rico, 2019).

1.2. PROBLEMA

La cantidad y calidad de los residuos agroindustriales pueden variar considerablemente a lo largo del año y entre diferentes ubicaciones. Esto puede afectar la cantidad y la calidad del biogás producido, lo que a su vez puede afectar la eficiencia y estabilidad de la generación de electricidad. La disponibilidad constante de residuos de calidad es crucial para mantener un suministro de biogás constante y confiable. La implementación de biodigestores anaerobios y sistemas de generación de electricidad requiere una inversión inicial significativa. La construcción de la infraestructura adecuada, como los biodigestores y los equipos de generación de electricidad, puede ser costosa y requerir un mantenimiento regular. Esto puede representar un desafío financiero, especialmente para pequeños agricultores o empresas agroindustriales con recursos limitados (Champutiz, 2019).

En las ciudades latinoamericanas, existe un problema con el control de los residuos agroindustriales. Esto se debe a que, como resultado de la ignorancia, los ciudadanos no tienen en cuenta que los residuos pueden fructificar mediante un proceso esquemático que ayude a crear energía sostenible (Castillo & Loor, 2021).

Ecuador es un país altamente ganadero y agrícola, siendo la ganadería una de las mayores actividades pecuarias, esto ocasiona la generación de enormes cantidades de estiércol de ganado, o biomasa, que es inutilizable, pero puede tratarse para producir energía alternativa. Sin embargo, en Ecuador hay poca información sobre el uso de la biomasa ganadera para la producción de energía. (Durazno, 2018).

Actualmente, los despojos orgánicos presentes en la Universidad Estatal de Bolívar, Laguacoto II, no son tratados en su totalidad, por lo tanto, el propósito de este proyecto es resaltar el estudio de generación eléctrica más limpia y amigable con el medio ambiente, mediante el beneficio del biogás obtenido a partir de la biomasa residual (estiércol de ganado) que se genera en una granja y los residuos orgánicos Agroindustriales recolectados del complejo Agroindustrial en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, campus Laguacoto II.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Obtención de electricidad a partir del biogás producido en biodigestores anaerobios con residuos agroindustriales del complejo agroindustrial en el campus Laguacoto II

1.3.2. Objetivos Específicos

- Generar biogás con residuos agroindustriales producidos en el campus Laguacoto II
- Caracterización físico y químico del biogás obtenido
- Calcular la potencia y el poder calorífico a partir del biogás producido
- Analizar económicamente la electricidad obtenida

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. Hipótesis nula (Ho)

El biogás producido de los residuos agroindustriales de la planta Laguacoto II en diferentes tratamientos mediante factores de estudio de la retención hidráulica y la temperatura, no influye en la obtención de bioelectricidad

1.4.2. Hipótesis alterna (Ha)

El biogás producido de los residuos agroindustriales de la planta Laguacoto II en diferentes tratamientos mediante factores de estudio de la retención hidráulica y la temperatura, influye en la obtención de bioelectricidad.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Biodigestores

El biogás y el compost pueden producirse a partir de materia orgánica utilizando biodigestores. Se trata de técnicas que permiten la digestión anaerobia de forma espontánea en ausencia de oxígeno y con los consorcios bacterianos adecuados, capturando el biogás generado. El funcionamiento de un biodigestor es similar al del aparato digestivo de un animal: se introduce materia orgánica, las bacterias la descomponen y producen gases (biogás) y un subproducto líquido muy valioso como fertilizante (Herrero M. , 2019).

Biogás es el nombre que recibe la mezcla de gases producida en la digestión anaerobia, y se caracteriza por tener, en general, 50%-70% de metano (CH_4), 40-20% de dióxido de carbono (CO_2) y trazas de otros gases, entre ellos sulfuro de hidrógeno (H_2S). De interés es el metano producido, que es combustible. Así, los residuos orgánicos tienen el potencial de producir un gas combustible como el biogás. Además, la captura de este metano y su combustión (transformándolo en CO_2) reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se producirían por la descomposición del estiércol no tratado (Rodríguez M. , 2022).

2.2. Clasificación de los biodigestores

2.2.1. Biodigestores tipo Batch

Este tipo de biodigestor, utilizado normalmente para la investigación en laboratorio, consta de tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. El sustrato sólo se carga una vez durante su periodo de conservación, y la descarga se realiza una vez que ha dejado de producir gas combustible. Se utilizan para evaluar la idoneidad de un material para producir biogás, así como la cantidad y el momento en que lo produce, lo que permite estimar el potencial de diversos sustratos para producir biogás (Casanovas, 2019).

2.2.2. Biodigestores tubulares o taiwaneses

Estos tipos de biodigestores son muy divulgados en Taiwán; por lo general son tubos largos que pueden ir enterrados o sobre el piso, se utilizan diferentes tipos de membranas de un mínimo grosor de 0.80 mm. Estas pueden variar en cuanto a tipo de material, grosor, costo y características, Las más conocidas son las de poli cloruro de vinilo (PVC), etileno propileno dieno tipo M (EPDM) o polietileno de alta densidad (PDA). Esta característica alargada permite que, cuando se carga, toda la masa de líquido dentro del biodigestor se mueva hacia la salida, lo que provoca que la misma carga constituya una forma de agitación, como se mencionó anteriormente (Casanovas, 2019).

2.2.3. Biodigestores chinos o rígidos

Estos biodigestores son depósitos enteramente subterráneos, tubulares o cilíndricos, con suelo y techo en forma de cúpula. El biogás se almacena dentro del sistema, y en este tipo de biodigestor no hay gasómetro. Estos biodigestores suelen construirse con materiales rígidos como hormigón, ladrillo, tanques de plástico o cualquier combinación de éstos. Tienen la ventaja de poseer una estructura más fuerte y resistente, lo que a menudo facilita el acoplamiento de sistemas de agitación. Sin embargo, debido al tamaño del tanque, deben construirse in situ y su transporte puede resultar complicado (Curilla, 2022).

2.2.4. Continuos

Su proceso de carga es permanente, están monopolizadas para el tratamiento de aguas residuales y producen una cantidad importante de biogás (Tobon, 2018).

2.2.5. Semi-continuos

Cada día se cargan las materias primas, y la cantidad de residuos orgánicos que entran es igual a la cantidad de biogás producida. Estos biodigestores se utilizan con frecuencia en lugares remotos. La cúpula fija, el tipo chino, el hindú, el tubular o el tipo salchicha son los diseños más conocidos (Tobon, 2018).

2.3. Digestión anaerobia

Mediante una serie de procesos biológicos conocidos como digestión anaerobia, los microorganismos descomponen los materiales biodegradables en ausencia de oxígeno. El biogás es uno de los productos finales, y puede transformarse en gas natural renovable y combustibles para el transporte o quemarse para obtener calor y electricidad. (Gelbero, 2019).

Cualquier resto de biomasa es la materia prima preferida para este proceso porque puede descomponerse en compuestos más simples y luego convertirse en ácidos grasos volátiles, los principales productos intermedios y componentes básicos del proceso. Los microbios metanogénicos que producen una mezcla con un contenido de metano del 50% al 70% y un contenido de dióxido de carbono que oscila entre el 30% y el 50%, junto con cantidades ínfimas de otros componentes, se alimentan de estos ácidos (nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno) (Espitia & Ruiz, 2022).

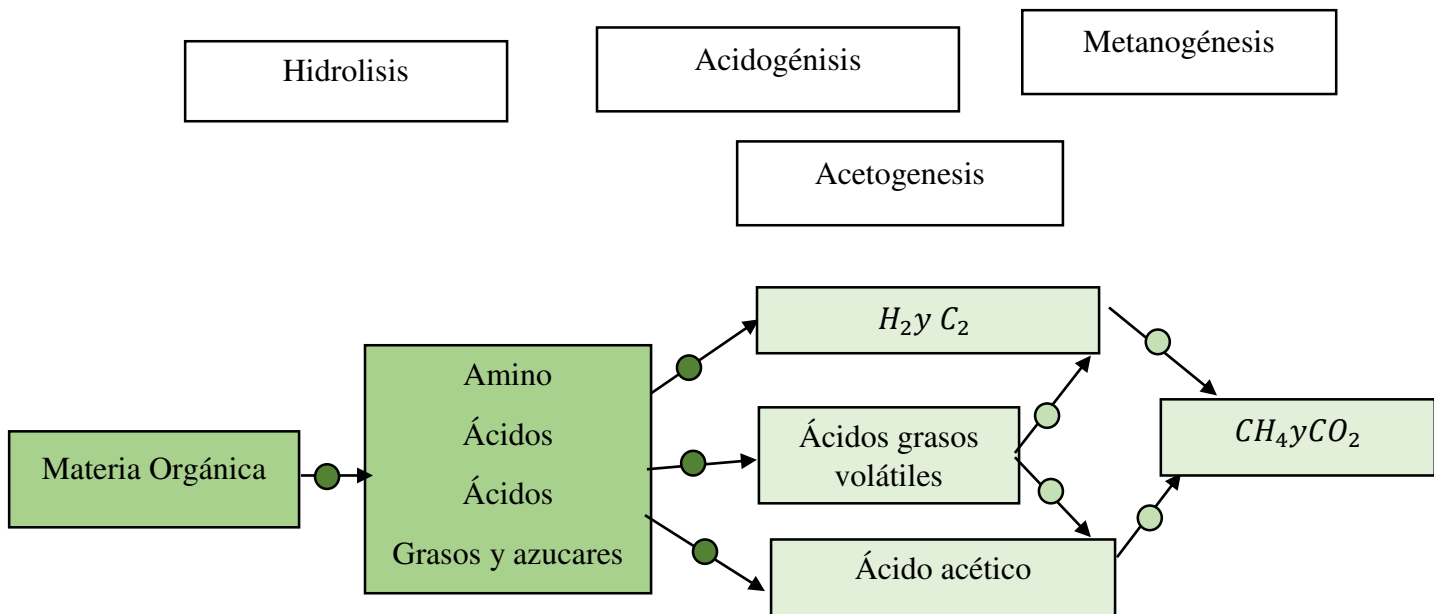
Las cuatro etapas que componen el proceso de digestión anaerobia son la hidrólisis, la acidogénesis, la acetogénesis y la metanogénesis. Las interacciones entre los distintos microorganismos que pueden llevar a cabo los cuatro pasos mencionados determinan cómo se desarrolla el proceso (Meegoda & Li, 2018).

2.3.1. Fases de la digestión Anaerobia

La biodigestión sucede en una continuación de etapas que todas las fases son llevadas a cabo por una variedad de poblaciones bacterianas distintas que forman un consorcio y que deben estar en equilibrio entre sí (Marti, 2019).

Figura 1.

Esquema del proceso de la digestión anaerobia



Fuente: (Marti, 2019).

2.4. Etapas de la fermentación Anaerobia

2.4.1. Etapa hidrolítica

En este punto del proceso, los microorganismos son bacterias anaerobias facultativas. La biomasa orgánica de los digestores anaerobios suele contener polímeros complejos inaccesibles para los microorganismos sin una hidrólisis adicional o un tratamiento previo mediante enzimas extracelulares producidas por los organismos fermentadores a través de reacciones de oxidación-reducción (Escobar S. , 2018) . Por consiguiente, durante el proceso de hidrólisis se secretan enzimas extracelulares que ayudan a descomponer macromoléculas como proteínas, lípidos y carbohidratos en partes más pequeñas como azúcares, aminoácidos

y ácidos grasos de cadena corta. Los productos del hidrólisis pueden atravesar las membranas celulares de los microorganismos acidogénicos tras la escisión enzimática. Con frecuencia se añaden enzimas para mejorar la hidrólisis de estos hidratos de carbono porque algunos sustratos, como la lignina, la celulosa y la hemicelulosa, pueden ser difíciles de degradar y pueden resultar inaccesibles para los microbios debido a sus estructuras complejas (Meegoda & Li, 2018).

2.4.1.1. Bacterias que participan en la hidrólisis

Este es el primer camino para la degradación de la materia orgánica compleja, en que los carbohidratos, proteínas y grasas se hidrolizan mediante reacciones de óxido – reducción por enzimas extracelulares producidos por bacterias hidrolíticas como *Streptococcus* y *Enterobacterium*, transformándose en compuestos solubles simples que pueden ser absorbidos a través de la pared celular y fermentados por microorganismos acidogénicos, proporcionando como derivación, ácidos grasos de cadena corta, dióxido de carbono e hidrógeno H_2 (Merino, 2018). Esta etapa se considera limitante para la velocidad del proceso de la digestión anaerobia anaerobia, porque depende de muchos elementos como, temperatura, pH, tamaño de partículas, composición del sustrato y la producción de enzimas (Villacreses & Feijoo, 2020).

2.4.2. Etapa acidogénica

Este paso convierte la materia orgánica disuelta producida por la hidrólisis en ácidos grasos volátiles (AGVs) y mezcla de CO_2 con H_2 , la velocidad de reacción es rápida y el pH baja hasta 5.5. Dado que el ácido acético es uno de los sustratos utilizados por las arqueas metanogénicas para producir metano, se produce en esta etapa y es el producto intermedio más significativo para la producción de metano (Tomal, 2019). Otros compuestos que se producen son los ácidos grasos, alcoholes y CO_2 ; existen productos que su formación solo son posibles por algunas vías metabólicas, por ejemplo, el acetato se forma a bajas presiones de 1×10^{-4} - 1×10^{-6} atmósferas y a concentraciones de 5-50 ppm de H_2 . A altas presiones y concentraciones de H_2 (500 - 5000 ppm) puede predominar la formación de propionato y

butirato; incluso, la presión excesiva de hidrógeno puede dar lugar a la inhibición del sistema (Canul, 2020).

2.4.2.1. Bacterias que participan de la acidogénesis

En esta etapa intervienen bacterias acidogénica, siendo el más frecuentemente reconocido e *Ibutyvibrio*, *Propionbacterium*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococos*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococos* y *Enterobacterias*. Los azúcares simples, los ácidos grasos y los aminoácidos suelen transformarse en ácidos orgánicos y alcoholes durante esta fase. (Sánchez I. , 2022).

2.4.3. Etapa acetogénica

Durante este proceso, los ácidos grasos volátiles y los otros compuestos formadores se convierten en acetatos e hidrógeno, los acetatos son utilizados como sustrato directamente para la producción de metano por las bacterias metanogénicas (*Methanosphaera stadtmaniae*). Esta fase se considera importante para la eficiencia en la obtención del biogás, debido a que se forma el 25% de acetatos, se produce aproximadamente el 11% de hidrógeno y el 70% de metano es producido mediante proceso de reducción de acetatos (Chakravarthy, 2019).

2.4.3.1. Bacterias que participan de la acetogénesis

Las bacterias metanogénicas y las bacterias acetogénicas facultativas coexisten estrechamente (*Methanosphaera stadtmaniae*). Lo que ocurre durante esta etapa de la digestión anaerobia es la β -oxidación acetogénesis (*Alphaproteobacteria*), en la que las bacterias acetogénicas convierten los ácidos grasos volátiles en acetato, hidrógeno y dióxido de carbono (*Alphaproteobacteria*) (Segovia, 2018) . La reducción de hidrógeno en este punto es importante porque el proceso de conversión de acetato a metano puede ser termodinámicamente ventajoso si la presión parcial de hidrógeno es baja. Como resultado, se producen problemas energéticos durante la acetogénesis, lo que hace necesaria la participación de comunidades microbianas metanogénicas adicionales que consuman hidrógeno (Canul, 2020).

2.4.4. Etapa metanogénica

La etapa metanogénica es considerada como la más importante en el proceso de digestión anaerobia, en donde intervienen un grupo de bacterias bajo condiciones anaeróbicas estrictas sobre los productos obtenidos de las etapas anteriores y los microorganismos metanogénicos están encargados de la creación del gas metano. El acetato, hidrógeno y dióxido de carbono son transformados en metano por dos tipos de microorganismos diferentes como metanógenos acetotróficos (acetato en 70% de CH₄ total) y metanógenos hidrogenotrófico (H₂ y CO₂ en 30% de CH₄ total) (Villacreses & Feijoo, 2020).

2.4.4.1. Bacterias que participan de la metanogénesis

Los digestores anaerobios contienen una amplia gama de microorganismos metanogénicos; sin embargo, sólo se conoce la existencia de los géneros que convierten el acetato en metano: *Methanosarcina* y *Methanothrix*. Sin embargo, los géneros ampliamente reconocidos para producir metano a partir de hidrógeno son: *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter*, *Methanospirillum* y *Methanococcus* (Murgueytio & Pacheco, 2021).

Tabla 1. Bacterias que participan en el proceso de fermentación durante las cuatro fases

Taxonomía	Especie	Descripción	Metabolismo
Genero Acetobakterium	A. woodii A. paludosum	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 posibles la descomposición de los ácidos grasos y compuestos aromáticos

<p>Genero Eubacterium</p>	<p>E. rectale E. siraeum E. plautii E. cylindroides E. brachy E. desmolans E. callandrel E.limosum</p>	<p>El género Eubacterium consiste en un grupo de bacterias anaeróbicas obligadas Gram-positivas</p>	<p>La mayoría de las Eubacteria sacarolíticas producen butirato como el principal producto de su metabolismo. Muchas especies son capaces de descomponer sustratos complejos a través de mecanismo especiales. Algunas especies se desarrollan autotróficamente por lo tanto son capaces de cumplir funciones específicas en la descomposición anaeróbica.</p>
-------------------------------	--	---	--

Fuente: (FAO, 2011).

2.5. Sustrato

El sustrato es el componente más crucial del proceso anaerobio porque, en circunstancias ideales, controla el porcentaje de gas metano y el volumen de biogás producido. Para empezar, el sustrato es el componente principal del proceso anaeróbico, la biodegradabilidad del sustrato influye en la velocidad del proceso y la calidad del biogás producido (Rojas & Contreras, 2018).

Para su caracterización se tienen en cuenta tres factores: el aspecto físico de los sustratos, su grado de dilución, su concentración y sus características cuantitativas, como el porcentaje de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y la demanda química de oxígeno (DQO). Estos

factores son cruciales para el proceso metanogénico porque impulsan la producción de biogás (FAO, 2011).

2.6. El inóculo

Para crecer y reproducirse, la suspensión de microorganismos se transfiere a un ser vivo o se coloca en un medio de cultivo. Se trata de un componente esencial del funcionamiento del reactor; su cantidad y calidad determinan la duración del periodo de puesta en marcha, así como el rendimiento del reactor, ya que es en este lugar donde la biomasa activa se desarrolla y adquiere las cualidades necesarias para eliminar la materia orgánica y acortar el tiempo de digestión. Si el inóculo contiene células jóvenes y vivas, este periodo de tiempo será breve (Ramírez & Quijano, 2020).

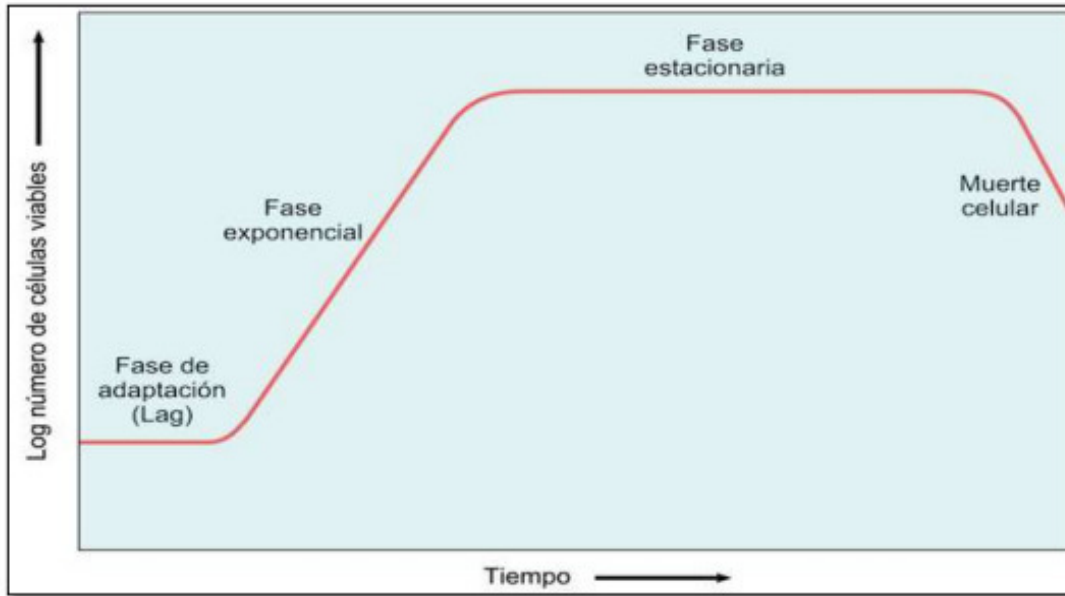
2.7. Cinética de crecimiento microbiano

El crecimiento bacteriano se define como la expansión de la masa celular y del número de células, que son acontecimientos significativos que preceden a la división celular. La división celular es el proceso mediante el cual una célula madre se divide en dos células hijas a través de la reproducción asexual. Este proceso se conoce como bipartición e implica la duplicación del ADN. A continuación, se produce la citocinesis o división citoplasmática (Vargas A. , 2020).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, a continuación, se representa la reproducción bacteriana. Obsérvese que el siguiente gráfico, que muestra los microorganismos unicelulares en el eje "y" y el tiempo en el eje "x", ilustra la reproducción de una población bacteriana a partir de una sola bacteria en 1800 segundos (Chacha, 2020).

Figura 2.

Proliferación bacteriana



Fuente: (Chacha, 2020).

➤ **Fase de latencia**

el periodo de adaptación durante el cual el inóculo se añade a un nuevo medio de cultivo. En este caso, hay que alcanzar el pH y la temperatura ideales para que los microorganismos se acostumbren a las aguas residuales (Cruz, 2023).

Esta fase de latencia, que puede durar poco o mucho tiempo en función de las condiciones del medio, es necesaria para que los microorganismos realicen una actividad metabólica, produzcan enzimas y aumenten su proporción individual. El crecimiento no se inicia hasta después de esta fase (Chacha, 2020).

Fase exponencial

La división celular comienza durante esta fase y depende de la capacidad del organismo para procesar nutrientes y de la velocidad a la que se producen. El número de bacterias se duplica en un tiempo de generación dado debido a un aumento celular constante por unidad de tiempo. Esta tasa de crecimiento es máxima en presencia de condiciones ambientales adecuadas, como el sustrato, la temperatura y el pH (Chacha, 2020).

Fase estacionaria

- El número de bacterias en esta fase permanece constante en los volúmenes de control cerrados, a pesar de que el aumento celular no es indefinido. Esto se debe a que el metabolismo bacteriano produce productos tóxicos, que se acumulan, y a que las células nuevas son sustituidas por las viejas, lo que detiene el crecimiento de las bacterias (Chacha, 2020).

Fase de muerte exponencial

Durante esta fase, las bacterias dejan de crecer debido a la putrefacción de la biomasa. A pesar de seguir llevando a cabo sus procesos metabólicos, hay un número significativamente menor de bacterias viables. También pueden tenerse en cuenta la lisis celular y la depredación, junto con el agotamiento de las reservas de carbono y energía (Lopez, 2017).

Figura 3.

Curva de crecimiento bacteriano



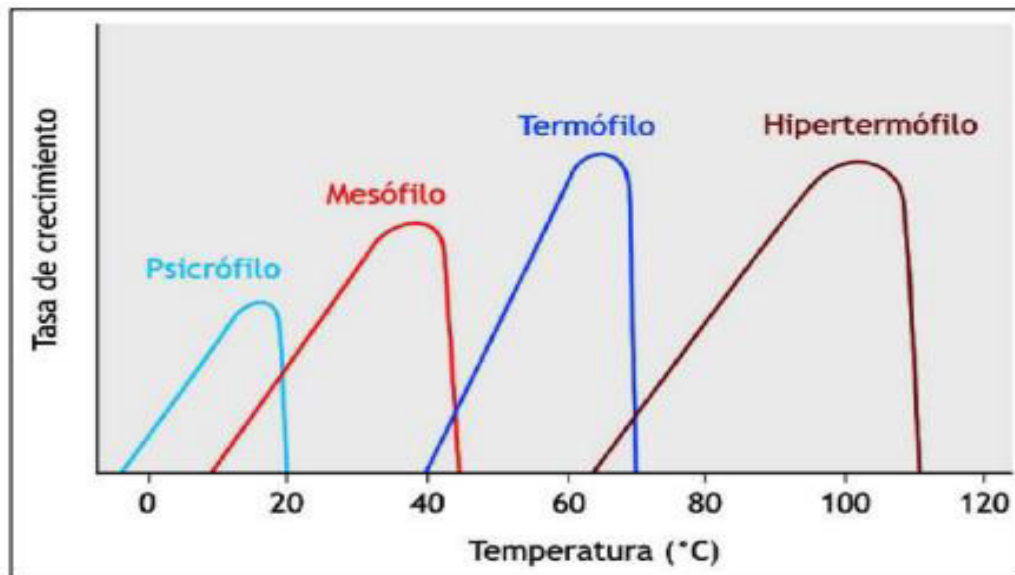
Fuente: (Martha, 2019)

2.8. Temperatura

Determinante importante que influye en el crecimiento y la vitalidad de las bacterias. Los microorganismos termófilos se desarrollan entre 26 y 79°C, con un excelente rendimiento de crecimiento a 56°C. Los microorganismos psicrófilos progresan entre -4 y 29°C, siendo 15°C el pico de su reproducción. Los microorganismos mesófilos progresan entre 10 y 45°C, con un excelente crecimiento a 30°C. (Castro, 2018).

Figura 4.

Temperatura óptima para proliferación según tipos de microorganismo



Fuente: L (Lopez, 2017).

2.9. Residuos Agroindustriales

Todo proceso de producción genera residuos o subproductos, que normalmente no se vuelven a utilizar como materias primas en la cadena de suministro. Los residuos se definen como materiales sólidos o líquidos obtenidos de la industrialización o el consumo directo de productos primarios; estos materiales ya no son útiles para el proceso que los generó, pero pueden utilizarse o transformarse para obtener otro producto con valor económico, comercial o social. El sector agroindustrial no es una excepción. Cada subsector de la agroindustria produce ciertos desechos (Vargas A. , 2020).

La mayoría de ellos poseen cualidades ideales para ser empleados en una cadena de producción alternativa o como sustituto para limpiar o restaurar un ambiente contaminado. Los residuos agroindustriales de frutas, bagazo de cachaza de agave, bagazo, carbón vegetal, paja y yemas, residuos de la industria de la caña de azúcar y de las calderas de los ingenios azucareros, cáscara de arroz, residuos de cítricos (bagazo y cáscara), cáscara de plátano, cáscara de maíz, cáscara de café, pastas proteicas, lodos, suero de leche, salvado, mostos residuales, vinaza, residuos de materiales verdes, etc. son los más utilizados para estos fines, según investigaciones recientes (cáscaras, hojas, tallos, bagazo de frutas) entre otros (Vargas & Perez, 2018).

2.9.1. Lactosuero

Se denomina lactosuero a todo material con cualidades líquidas que se produce durante la división del coágulo de leche durante el proceso de elaboración del queso -tras la precipitación de la caseína- y que tiene un aspecto turbio y verdoso. El suero, un subproducto de la leche, se utilizó por primera vez con fines medicinales hace unos 7.000 años para tratar trastornos gastrointestinales, infecciones y la cicatrización de heridas (Sumere, 2021).

A pesar de tener numerosos usos, los fabricantes de la era moderna lo consideraban un residuo, que tiene efectos negativos sobre el medio ambiente. Pero muchos avances tecnológicos del siglo XX han hecho posible convertirlo en materia prima. Cuando el lacto lactosuero se libera al medio ambiente sin un tratamiento adecuado, altera el equilibrio de nutrientes en los suelos y provoca un desequilibrio del oxígeno disuelto en las masas de agua, necesario para la descomposición de los materiales orgánicos (Moreno, 2020).

2.9.2. Residuos Cárnicos

Por lo general, el sector de la industria cárnica produce grandes cantidades de residuos líquidos, gases contaminantes y la mayoría de residuos sólidos, todo lo cual influye negativamente en el medio ambiente (Cabrera, 2022).

Tal como representa, alrededor de 53 billones de animales son sacrificados mundialmente para cubrir la necesidad humana por la carne, esto alrededor de un 20% de la biomasa animal terrestre. Esto quiere decir que por segundo se generan 44.500 kg de excrementos y 50

millones de toneladas entre residuos sólidos y subproductos. Lo que ha desencadenado un aumento de las muertes a causa de los impactos generados por esta industria (Florez, 2022).

2.9.3. Residuos de cereales

En el sector de la panadería, el trigo y el centeno son los mejores cereales para crear nuevos productos porque contienen gluten, que confiere a la masa sus cualidades reológicas, como la capacidad de retener el gas durante la fermentación (Llumiquinga, 2022).

Como resultado, la mayoría de las operaciones agroindustriales producen grandes cantidades de residuos. Por ejemplo, en los sectores del papel, el café, la cerveza y el aceite de palma, se desperdicia entre el 70% y el 90% de las materias primas. En Argentina hay empresas que explotan prensas de extrusión de soja para producir harinas, glicerol, aceite y expeller (Poveda, 2019).

Las grandes empresas, principalmente en el complejo aceitero de Rosario y situadas cerca de los puertos, se encargan del 90-93% de la transformación de la soja. Sin embargo, a diferencia de las grandes empresas, existe una gran cantidad de pequeñas plantas procesadoras de soja en toda la región pampeana. Estas plantas destinan su producción principalmente al mercado interno, ya sea para la producción de biodiesel, alimento animal (expeller) o consumo humano (aceite crudo) (Ramírez, 2019).

El procesamiento de la soja, como todas las operaciones agroindustriales, produce residuos (borras), que son difíciles de manejar para las empresas. Matoil, una agroindustria de este tipo, está ubicada en General Alvear, La Pampa. Su actividad principal es la producción de aceite crudo, que se vende a diversas empresas que fabrican biodiesel, así como expeller de soja para feedlots, tambos y criaderos de cerdos y pollos. En el proceso de decantación del aceite crudo de soja se obtienen lodos, que la empresa utiliza como residuos (Duval, 2020).

Según el grado de humedad del grano, la planta extrae entre un 12% y un 14% de aceite. El 82% restante es expeller, que asciende a unas 5 toneladas al mes y se vierte en una fosa de decantación. La empresa no da prioridad a este material, por lo que se convierte en un residuo que causa problemas de almacenamiento e higiene e interfiere en las operaciones habituales de los operarios y la planta. Por lo tanto, se desecha o se da a los criadores de cerdos locales o a otros animales de la zona 1 (Duval, 2020).

2.10. Biogás

Es un gas creado cuando la biomasa se descompone anaeróbicamente, o mediante un proceso conocido como biodigestión anaeróbica, que descompone y transforma el material. Entre el 50% y el 70% es metano (CH_4), 30% - 40% dióxido de carbono (CO_2) y porcentajes más pequeños de otros gases. Algunos de esos gases son nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2). El biogás también incluye algunos contaminantes como azufre (S_2) o siloxanos, dependiendo de la materia prima usada (Vega & Silva, 2020).

2.10.1. Características del biogás

Tabla 2. Propiedades de una composición estándar de biogás

Propiedad	Descripción
Composición	55-70 % Metano 34-45% Dióxido de carbono Trazas de otros elementos
Energía obtenida	6 – 6,50 kW/m ³
Equivalente en combustible	0,60 – 0,65 Lpetróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750 °C (según metano contenido indicado)
Presión crítica	75,89 bar
Temperatura crítica	-82,50 kg/m ³
Densidad normal	1,20 kg/m ³
Olor	Huevos en mal estado

Masa molar

16,04 kg/kmol

Fuente: (Chica & Vaca , 2019).

No tiene color ni olor y no es venenoso. Sin embargo, el límite de explosión de una mezcla de oxígeno depende de varios factores, como la temperatura y la presión, y tiene que estar entre el 12 y el 6% en volumen de metano (Perez, 2021).

El proceso utilizado para crear este producto se conoce como fermentación anaeróbica, y tiene lugar en un recipiente llamado digestor. El biogás se extrae a una tubería mediante una campana (Perez, 2021).

2.10.2. Usos del biogás

En cuanto a las aplicaciones, el biogás puede utilizarse para generar calor y electricidad en motores y turbinas, limpiar el H₂S y otros contaminantes de las membranas de las pilas de combustible, introducirlo en una red de transporte de gas natural una vez purificado y dotado de los aditivos necesarios -como ocurre en Alemania, Suecia y Holanda-, utilizarlo como punto de partida para la síntesis de productos de alto valor como el metanol o el gas natural licuado, emplearlo como combustible de automoción e incluso producir biogás. (Saunders, 2018).

2.11. Electricidad

El conjunto de fenómenos conocidos como electricidad se producen por la presencia, interacción y movimiento de cargas eléctricas. Los iones, protones y electrones son ejemplos de partículas cargadas.

La provisión de electricidad en la provincia de Bolívar, como en cualquier otra región, depende de factores específicos que incluyen la infraestructura eléctrica, la generación de energía, las redes de distribución y la demanda local. A continuación, se proporciona una descripción general de la situación de la electricidad en la provincia de Bolívar (Curiazi, 2019).

- **Generación de Energía:** La generación de electricidad en la provincia de Bolívar puede depender de diversas fuentes de energía, incluyendo termoeléctricas,

hidroeléctricas y, en algunos casos, energía renovable como la solar y la eólica. Las fuentes de generación pueden variar según la disponibilidad de recursos naturales en la región (Freire, 2019).

- Red de Distribución: La electricidad generada se distribuye a través de una red de distribución que incluye líneas de transmisión y subestaciones eléctricas. La red de distribución es administrada por la empresa de servicios públicos de la región o por una entidad de gobierno local.
- Suministro y Tarifas: Los hogares, las empresas y las instituciones en la provincia de Bolívar reciben electricidad de acuerdo con su conexión a la red. Los precios de la electricidad pueden variar según la tarifa y las políticas de subsidio implementadas por el gobierno local o nacional.
- Demanda Eléctrica: La demanda eléctrica en la provincia depende de la población, el desarrollo económico y las necesidades energéticas de la región. Esta demanda puede fluctuar a lo largo del día y del año, lo que requiere una infraestructura de generación y distribución adecuada.
- Desafíos y Oportunidades: Las provincias pueden enfrentar desafíos en cuanto a la calidad y la continuidad del suministro eléctrico, así como la modernización de la infraestructura y la integración de energías renovables para reducir la dependencia de fuentes de energía fósil. También pueden surgir oportunidades para promover la eficiencia energética y la autosuficiencia en la generación de electricidad (Díaz, 2019).

Es importante tener en cuenta que la situación eléctrica en una provincia puede variar con el tiempo debido a factores económicos, ambientales y políticos. Por lo tanto, es esencial contar con información actualizada de fuentes locales y consultar a las autoridades y empresas de servicios públicos para obtener datos precisos sobre la electricidad en la provincia de Bolívar (Pazmiño, 2020).

Se puede examinar desde dos ángulos:

- A nivel macroscópico: lo que puede ver el ojo humano.
- Desde una perspectiva microscópica: se requiere un equipo especial para poder ver lo que ocurre (Planas, 2019).

Tabla 3.

Análisis y determinación del costo del servicio público de energía eléctrica. Periodo enero-diciembre 2023.

Costos	USD
Componente de energía	287.557.463,22
Hidroeléctrica	46.065.024,71
Térmica	82.185.086,49
No convencional	12.248.791,79
Interconexión	132.475.801,03
Privados	14.582.759,20
Costos fijos imputables al servicio	511.912.798,61
Generadores públicos	508.472.482,44
Generadores privados	3.440.316,17
Otros servicios	
Administración, operación y mantenimiento, calidad y responsabilidad ambiental, Seguridad, Regulación y otros	1849574,37
Costo total	801.319.836,20
Energía generada (GWh)	27.532,10
Costo medio de generación-USD\$/KWh	2,91
Datos Técnicos	
Energía anual –GWh	26.453,66
Potencia anual-MW	4.743,65
Tarifa Media	
Potencia - USD/Kw- Año	40,13
Energía- USD/Kw	0,7196
Potencia USD/Kw-Mes	3,3344

Fuente: (Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, 2022)

2.11.1. Generación de electricidad a partir de biogás

Hoy en día, la biomasa lignocelulósica se utiliza en diversas industrias, como la del papel, los productos químicos, los combustibles y la alimentación animal. Originalmente, se utilizaba como combustible y en la construcción. Mediante su conversión en materiales sólidos, líquidos y gaseosos, la biomasa puede producir energía. Los biocombustibles son subproductos de la biomasa que se utilizan como fuentes de energía eléctrica y térmica. (Espinosa, 2020).

Ante la crisis de los combustibles fósiles y la amenaza del calentamiento global, el uso de la biomasa como fuente de energía aporta una serie de beneficios potenciales, como un balance positivo de dióxido de carbono y energía, la utilización de suelos antes improductivos, la disminución del riesgo de incendios forestales y plagas de insectos, la creación de empleo en zonas rurales y la mejora de la balanza de pagos de los países con déficit energético (Espinosa, 2020).

La producción de electricidad a partir de biogás es una forma de generación de energía renovable que aprovecha el biogás, un subproducto de la descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno. Una vez recolectado los residuos agroindustriales y realizado la digestión anaerobia en los biodigestores continuos tubulares se realiza la captura y almacenamiento del biogás; el proceso de generación de electricidad a partir de biogás generalmente sigue estos pasos (Blanco, 2020).

- Captura y almacenamiento de biogás: El biogás producido se recolecta y se almacena en un sistema de almacenamiento para su posterior uso en la generación de electricidad.
- Generación de electricidad: El biogás limpio se quema en un motor de combustión interna, una turbina de gas o una pila de combustible, que está conectado a un generador eléctrico. Cuando el biogás se quema, se libera energía que se convierte en electricidad. El generador produce electricidad que puede ser utilizada para alimentar instalaciones locales o ser inyectada en la red eléctrica.
- Distribución de electricidad: La electricidad generada se puede utilizar para alimentar la red eléctrica, proporcionar energía a instalaciones locales o ser utilizada en una variedad de aplicaciones, según la escala del sistema y los requisitos locales.

La generación de electricidad a partir de biogás es una forma sostenible de producir energía, ya que utiliza desechos orgánicos que de otro modo podrían contribuir a la contaminación del medio ambiente. Además, reduce las emisiones de metano, un potente gas de efecto invernadero, al capturarlo y utilizarlo como fuente de energía (Botero, 2021).

Este enfoque es particularmente útil en plantas de tratamiento de aguas residuales, granjas, instalaciones de residuos orgánicos en este caso el complejo agroindustrial y otros lugares donde se generan grandes cantidades de desechos orgánicos como se puede incluir los desechos de los sembríos de los estudiantes de agronomía. La producción de electricidad a partir de biogás también puede ayudar a diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles en la generación de electricidad (Bamaca, 2020).

2.12. Aportación al desarrollo del milenio

La obtención de electricidad a partir de biogás puede contribuir a varios objetivos del desarrollo del milenio, especialmente al:

- **Objetivo 7:** Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Este objetivo busca asegurar la disponibilidad y gestión sostenible de los recursos naturales, incluyendo el acceso a servicios energéticos modernos y sostenibles. ayuda a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contribuye a mitigar el cambio climático y promover la sostenibilidad ambiental.
- **Objetivo 8:** Promover un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos. El biogás puede crear oportunidades de empleo y negocios en la agricultura, la ganadería y la gestión de residuos.
- **Objetivo 10:** Reducir la desigualdad entre los países y dentro de los países. El biogás puede ayudar a reducir la pobreza y la desigualdad en las zonas rurales, proporcionando una fuente de energía asequible y sostenible. (NU. CEPAL, 2018)

En concreto, la obtención de electricidad a partir de biogás contribuye a los siguientes indicadores de los ODM:

- Porcentaje de la población con acceso a electricidad.
- Porcentaje de la población que vive con menos de 1,25 dólares al día.
- Índice de desigualdad de ingresos Gini.

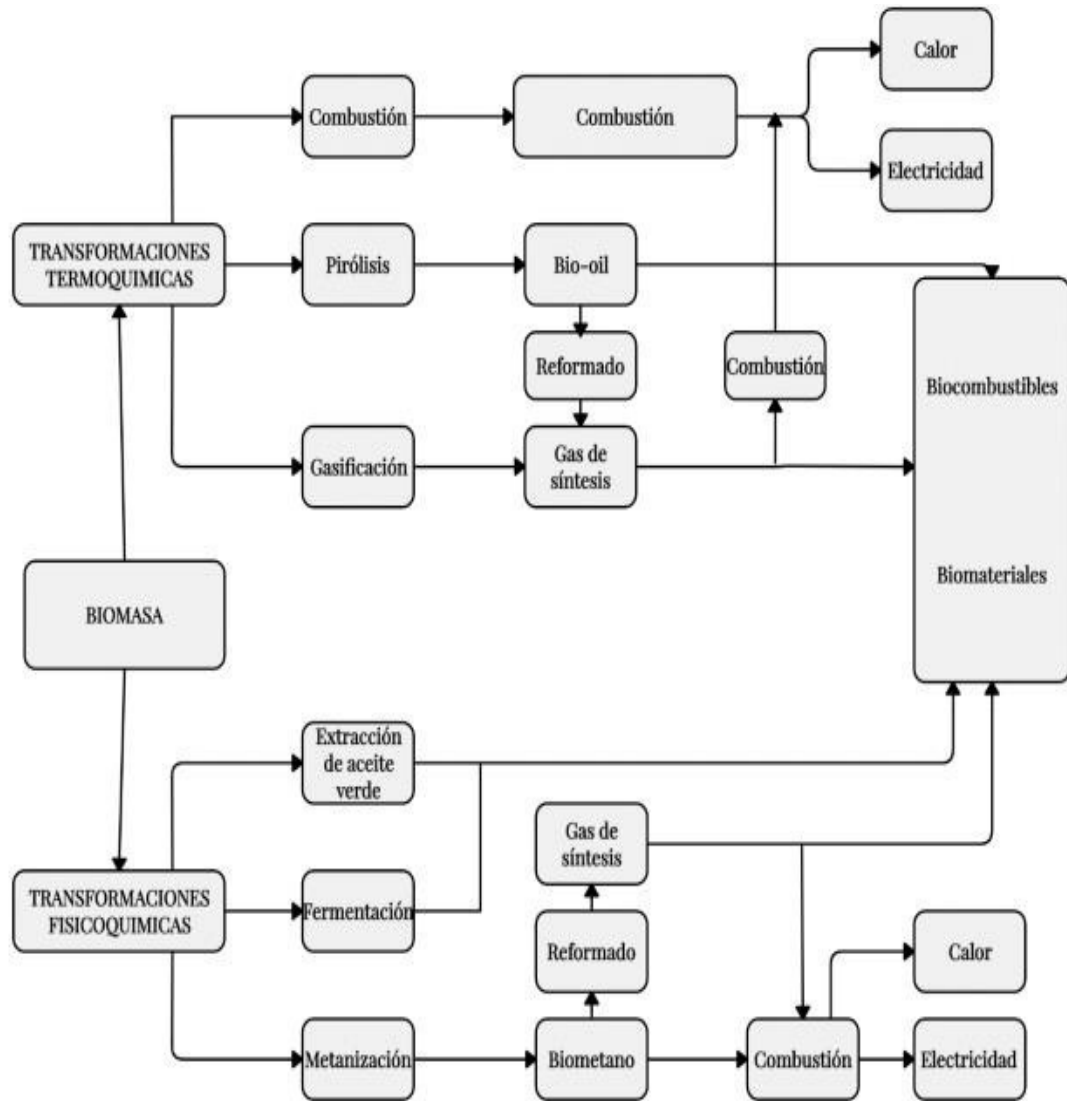
Además, la obtención de electricidad a partir de biogás también contribuye a los siguientes objetivos de desarrollo sostenible (ODS):

- ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
- ODS 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- ODS 10: Reducir la desigualdad dentro y entre los países.
- ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El biogás es una fuente de energía renovable que tiene el potencial de contribuir a la consecución de varios objetivos del desarrollo sostenible. Es una fuente de energía asequible, sostenible y que puede ayudar a reducir la desigualdad y el cambio climático (NU. CEPAL, 2018).

Figura 5.

Procesos de variación de biomasa



Fuente: (Espinosa, 2020).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Materiales

3.1.1. Localización de la Investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Complejo Agroindustrial, campo de trabajo, en el laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.1.2. Ubicación de la Investigación

Se detalla la ubicación donde se desarrolló la investigación

Tabla 4.

Ubicación de la investigación

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Sector	Laguacoto II
Parroquia	Gabriel Ignacio de Veintimilla
Dirección	Vía Guaranda – San Simón Km 1 1/2
Localidad experimental	Laboratorio de Laguacoto II

Fuente: Estación Meteorológica, Universidad Estatal de Bolívar. Laguacoto II, 2021.

3.1.3. Situación geográfica y climática

Se detalla los parámetros climáticos y la situación geográfica de la situación

Tabla 5.

Parámetros climáticos

Parámetros Climáticos	Valor
Altitud	2800 m.s.n.m
Longitud	79° 00' 2" Oeste
Latitud	01° 34' 15" Sur
Humedad	75%
Precipitación media anual	980mm
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7°C
Temperatura media	15°C

Fuente: Estación Meteorológica Laguacoto II Guaranda-Ecuador (2022).

3.1.4. Zona de vida

El lugar donde se desarrolló la investigación corresponde al bosque húmedo montano bajo o templado con una temperatura 15 a 20°C que cubre una superficie total de 4.588 km², según la clasificación de Leslie Holdridge.

3.2. Materiales, equipos, insumos y reactivos

3.2.1. Material experimental

- Residuos Agroindustriales
- Residuos de Lactosuero
- Residuos de Cereales
- Residuos Cárnicos

3.2.2. Material de campo

- Guantes

- Equipo de protección personal EPP
- Cámara fotográfica
- Fundas herméticas
- Palas pequeñas
- Tubos y plásticos de PVC

3.2.3. Materiales de oficina

- Computador
- Lápices
- Esferográficos
- Borrador
- Libreta

3.2.4. Materiales de trabajo en campo

- Implementos de conducción del biogás y filtros
- Tablero eléctrico
- Bombillas de 100 W
- Enchufes
- Cable de cobre de No. 12
- Interruptores eléctricos
- Pinzas

3.2.5. Equipos

Tabla 6.

Equipos

Equipos	Marca	Descripción
Biodigestores anaeróbicos	Tubular continuo	Los biodigestores son sistemas que producen biogás y fertilizante a partir

		de materia orgánica. (Herrero M. , 2019).
Gasómetro GA5000	GA5000	Se utiliza para medir gases como el CH ₄ , CO ₂ y O ₂ . (Soto, 2019).
Mufla	Thermolyn	Se utiliza para la calcinación de sustancias, secado de sustancias (Bautista, 2020).
Estufa	Kalstein	La estufa es un instrumento que se usa para secar y esterilizar recipientes de vidrio (Alvarado, 2020)
Potenciómetro		El o potenciómetro es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución. (Escobar R. M., 2021)
Disecador		Sirven para quitar la humedad o deshidratar las muestras, aislándolas para que estén en óptimas condiciones y evitar que se contaminen por agentes externos. (Navarro, 2016).

Residuos orgánicos de cereales y cárnicos	Se utilizaron los residuos que se recolectaron del complejo agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar
Pinzas	Se emplean de forma combinada para sujetar y fijar otros elementos del instrumental. (Lopez J. , 2021)
Crisoles de cerámica	Se utiliza para colocar en su interior compuestos químicos que se calientan a temperaturas muy altas. (Lopez J. , 2021)
Cajas Petri	Es una caja de vidrio y tiene las paredes de un alto de 1 cm y sirve para el crecimiento de cultivos (Lopez J. , 2021).
Balanza analítica	Sirve para medir la masa de los objetos por comparación con una masa conocida (Alvarado, 2020).

Fuente: *Trabajo experimental*

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Factores de estudio

En este presente trabajo de investigación se estableció tres factores de estudio Factor A: Residuos Agroindustriales (sólidos: cárnicos, cereales; líquido: lactosuero), Factor B: Tiempo de retención hidráulica (TRH), Factor C: Temperatura (T).

Tabla 7.

Factores de Estudio

Factor	Código	Niveles
Residuos Agroindustriales sólido + líquido	A	10%+90%
		20%+80%
		30%+70%
Tiempo de Retención Hidráulica (THR)	B	15 días
		30 días
Temperatura	C	15°C
		20°C

Nota. Trabajo experimental

3.3.2. Tratamientos

Tabla 8.

Tratamientos de cada unidad experimental

Tratamientos	Código	Combinación
T1	a1b1c1	10%+90%/15dias/15°C
T2	a1b1c2	10%+90%/15días/20°C
T3	a1b2c1	10%+90%/30dias/15°C
T4	a1b2c2	10%+90%/30dias/20°C
T5	a2b1c1	20%+80%/15dias/15°C
T6	a2b1c2	20%+80%/15 días/20°C
T7	a2b2c1	20%+80%/30dias/15°C

T8	a2b2c2	20%+80%/30dias/20°C
T9	a3b1c1	30%+70%/15dias/15°C
T10	a3b1c2	30%+70%/15dias/20°C
T11	a3b2c1	30%+70%/30dias/15°C
T12	a3b2c2	30%+70%/30dias/20°C

Nota. Trabajo experimental

3.3.3. Características del experimento

En la tabla 9 Se presentan las características del experimento:

Tabla 9.

Característica del experimento

Número de factores	3
Número de niveles factor A	3
Número de niveles factor B	2
Número de niveles factor C	2
Número de corridas	36
Número de unidades experimentales	12
Variable respuesta	Gas metano CH ₄
Aleatorizar	No

Nota. Trabajo experimental

3.4. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado (DCA), en arreglo factorial AxBxC (3x2x2) con tres repeticiones.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + B_j + (\alpha \beta)_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$\mu =$ media general

$\alpha_i =$ efecto del nivel i – ésimo del factor A

$B_j =$ efecto del nivel j del factor B

$Y_{ijk} =$ efecto del nivel k del factor C

$(\alpha \beta)_{ij} =$ efectos de interacción

$\varepsilon_{ijkl} =$ error aleatorio

3.5. Análisis estadísticos

3.5.1. Modelo de análisis de varianza

Para poder determinar las diferencias de los tratamientos, se aplicó el siguiente modelo de análisis de varianza.

Tabla 10.

Modelo análisis de varianza

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	F ₀	Valor-p
Efecto A	SC _A	a-1	CM _A	CM _A /CM _E	P (F > F_0^A)
Efecto B	SC _B	b-1	CM _B	CM _B /CM _E	P (F > F_0^B)
Efecto C	SC _c	c-1	CM _c	CM _c /CME	P (F > F_0^B)
Interacción	SC _(AB)	(a-1)	CM _(AB)	CM _(AB) /CM _R	P (F > F_0^{AB})
AB		(b-1)			
AC		(b-1)			
BC		(b-1)			

ABC		(b-1)	
Residual	SC _R	Ab (r-1)	CM _R
Total	SC _r	abr-01	CM _r
Total	SC _r	abr-01	CM _r

Nota. Tomado de Análisis y diseño de experimentos, por (Gutiérrez & Román, 2012).

3.6. Modelo pruebas de rangos múltiples

3.6.1. Método LSD (diferencia mínima significativa)

El método LSD de Fisher se utiliza en el ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores, controlando al mismo tiempo la tasa de error individual en un nivel especificado.

$$LSD = |\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-k\right)} \sqrt{CM_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

Donde:

k = número de tratamientos.

$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|$ = Valor absoluto entre las medias muestrales.

$t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-k\right)}$ = Distribución T de Student con N-k grados de libertad que corresponden al error.

CM_E = Cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla ANOVA.

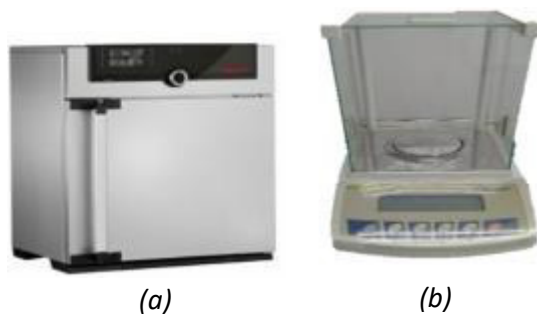
n_i, n_j = Número de observaciones para los tratamientos i y j, respectivamente.

3.7. Métodos de evaluación y datos a tomar

3.7.1. Determinación del porcentaje de humedad (%H)

Figura 6.

(a) Estufa Nplus/sfplus-memmert; (b) Balanza analítica DHAUS (0.001g) (Laboratorio de la Universidad Estatal de Bolívar)



Fuente: Trabajo experimental

Para determinar el peso seco de la muestra se utilizó una estufa Nplus / sfplus-memmert y una balanza analítica DHAUS (0.001 g) que se presenta en la figura 6. Se trabajó con la norma (UNE -EN ISO 18134-3, 2016), esterilizando los crisoles durante un periodo de 60 minutos, luego se pesan 1 gramo de la muestra (peso fresco) y se deja en la estufa por un lapso cuatro horas a una temperatura constante de 105 ± 2 °C, transcurrido ese tiempo se pesa (peso seco) y el porcentaje de humedad se calcula con la siguiente ecuación: Según (Solórzano, 2020).

Ecuación 1.

Porcentaje de humedad

$$Pc = \frac{m2 - m3}{m2 - m1} \times 100$$

Donde:

Pc = Porcentaje de humedad

$m1$ = Masa del pesafiltro vacío con tapa en g.

$m2$ = Masa del pesafiltro y tapa, con la muestra sin secar, en g.

$m3$ = Masa del pesafiltro y tapa, con la muestra seca, en g.

3.7.2. Determinación de Cenizas

Para determinar las cenizas se debe calentar el crisol de porcelana vacío en la mufla ajustada a $(550 \pm 15^\circ\text{C})$, durante 30 min. Enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg.

Para la Determinación de cenizas de las materias primas a utilizar se utilizó la siguiente fórmula. Según (Torres, 2022)

Ecuación 2.

Porcentajes de cenizas

$$C = \frac{100(m_3 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)} \times 100$$

Donde:

C =Contenido de cenizas

m_1 =masa del crisol vacío, en g

m_2 = masa del crisol con la muestra, en g

m_3 = masa del crisol con las cenizas, en g

H = porcentaje de humedad en la muestra. G

3.7.3. Análisis de sólidos totales, fijos y volátiles

Las mezclas de materias primas de los biodigestores fueron sometidas a un análisis de sólidos al inicio de los experimentos para determinar los sólidos totales, fijos y volátiles que contendrán, estos parámetros pueden informar de la materia orgánica con posibilidades de ser transformada en biogás. El procedimiento que se seguirá para realizar el análisis será:

- Se pesó las cápsulas donde se van a colocar las muestras.
- Se pesó 1g de muestra.

- Se colocó el gramo de muestra de cada mezcla en la cápsula correspondiente y correctamente identificada.
- Se introdujeron las cápsulas en la estufa durante veinticuatro horas a una temperatura de 100°C. Con este paso se consiguió eliminar la humedad de la muestra.
- Se pesaron las capsulas y se determinó los sólidos totales presentes.
- Una vez pesadas se introdujeron en la mufla durante una hora a 550°C. Con esta operación se consiguió eliminar los sólidos volátiles de la muestra, quedando los sólidos fijos retenidos en la cápsula.
- Pasada una hora, se retiraron las cápsulas de la mufla y se pesaron para obtener la cantidad de solidos volátiles de la muestra.

Aplicando las ecuaciones se calculará los sólidos totales (ST), fijos (SF) y volátiles (SV). Los sólidos fijos y volátiles son un porcentaje de los sólidos totales, por lo que la suma de ambos debe ser igual al 100% Según (Garcia, 2020)

Ecuación 3.

Sólidos totales

$$\%ST = \frac{B - A}{PM} 100$$

Ecuación 4.

Sólidos fijos

$$\%SF = \frac{C - A}{B - A} 100$$

Ecuación 5.

Sólidos volátiles

$$\%SV = \frac{B - C}{B - A} 100$$

Donde:

A = peso de la cápsula vacía (g).

B = peso de la cápsula con la muestra después de haberla colocado en una estufa a 105°C durante veinticuatro horas (g).

C = peso de la cápsula con la muestra tras su colocación en una mufla a 550°C durante una hora (g).

PM = peso de la muestra de sólido (g) (Navarro, 2016).

3.7.4. Determinación y análisis elemental a la mezcla de la materia prima

Para poder realizar el diseño se debe realizar un análisis elemental de la mezcla del material experimental/materia prima los cuales corresponden al pH, calcio, zinc, cloruros, cobre, cromo total, cromo hexavalente, DBO5, DQO, Magnesio, nitrógeno total, potasio, sodio y solidos disueltos los mismo que se mandarón analizar en un laboratorio certificado.

3.7.5. Diseño a escala de cada tratamiento.

Para poder determinar cuál es el mejor tratamiento se utilizará 36 botellas de 3L, se llenará con la mezcla de los residuos agroindustriales con un 80% de volumen los cuales cada tratamiento será monitoreado diariamente para controlar la temperatura y el tiempo de retención hidráulica THR; los datos obtenidos se correrán en el programa statgraphics con un diseño ANOVA.

3.7.6. Relación Carbono / Nitrógeno (C/N) de la muestra

El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de células nuevas. Se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1 y se estima con la siguiente ecuación (Marti, 2019).

Ecuación 6.

Relación Carbono/Nitrógeno

$$\frac{C}{N} = \frac{\text{Peso seco} * \% C}{\text{Peso seco} * \% N}$$

Donde:

$$\frac{C}{N} = \text{relación carbono/nitrógeno}$$

$\% C = \text{porcentaje de carbono en la muestra}$

$\% N = \text{porcentaje de nitrógeno de la muestra}$

3.7.7. Cálculo de la concentración de materia prima.

Para el cálculo de la concentración de materia prima utilizamos la siguiente ecuación. Según (Sares, 2019)

Ecuación 7.

Concentración de sólidos secos en la materia prima compuesta

$$Mc = \frac{X_1 M_1 + X_2 M_2}{X_1 + X_2}$$

Donde:

MC = Concentración de sólidos secos en la materia prima compuesta

X1 = Peso de la muestra

X2 = Peso de la muestra

M1 = Concentración de sólidos secos

M2 = Concentración de sólidos secos

3.7.8. Cantidad de agua requerida

En biodigestores anaerobios existe la necesidad de diluir la mezcla y la recomendada por (Martí, 2019), es de 6 hasta 10% de los sólidos totales; la ecuación es.

Ecuación 8.

% dilución requerida

$$\% \text{ dilución requerida} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso seco} + W}$$

Dónde:

Difusión requerida = (6 al 10) %

W = cantidad de agua requerida

3.7.9. Volumen líquido del biodigestor tubular

Se realiza mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 9.

Volumen líquido del biodigestor tubular

$$V_L = \text{Volumen de la carga diaria} * \text{Tiempo de retención}$$

3.7.10. Volumen del Biogás

Martí, (2019), propone una proporción de volumen del biogás (20%) y volumen líquido (80%) de un biodigestor, entonces:

Ecuación 10.

Volumen del Biogás

$$V_g = V_L/4$$

Donde:

V_g = *Volumen de gas*

V_L = *Volumen líquido del biodigestor tubular*

3.7.11. Volumen total del biodigestor tubular

Ecuación 11.

Volumen total del biodigestor tubular

$$V_T = V_L + V_B$$

Donde:

V_T = *Volumen total del biodigestor*

$V_L = \text{Volumen líquido del biodigestor}$

$V_B = \text{Volumen del biogás en el biodigestor}$

$$V_T = V_L + \frac{V_L}{4}$$

3.7.12. Diseño del biodigestor tubular

El diseño de un biodigestor está definido por la relación óptima de la longitud (L) y el diámetro (D). Esta relación puede estar en un rango de 5 a 10 con un óptimo de 7.5 (Martí, 2019).

Tabla 11.

Estándares de medidas para biodigestores tubulares a partir del ancho de rollo.

Ancho de rollo (m)	Perímetro de la circunferencia (m)	Radio (m)	Diámetro (m)
1	2	0.32	0.64
1.25	2.5	0.4	0.8
1.5	3	0.48	0.96
1.75	3.5	0.56	1.12
2	4	0.64	1.28

Fuente: (Herrero M., 2019)

Si el volumen del cilindro equivale al volumen total entonces:

$$V_T = 2\pi r^2 L$$

Entonces la longitud se define de la siguiente manera:

$$L = \frac{V_T}{2\pi r^2}$$

A partir de los valores de la tabla 10, el volumen total y el valor constante de π podemos determinar el diseño adecuado del biodigestor tubular como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Parámetros para la obtención de las medidas óptimas del biodigestor

Ancho de rollo (m)	Longitud del biodigestor (L) (m)	Diámetro (D) (m)	L/D (5-7)
1	$\frac{V_T}{0.32}$	0.64	L/D
1.25	$\frac{V_T}{0.5}$	0.8	L/D
1.5	$\frac{V_T}{0.72}$	0.96	L/D
1.75	$\frac{V_T}{0.97}$	1.12	L/D
2	$\frac{V_T}{1.27}$	1.28	L/D

Fuente: (Herrero M. , 2019).

3.7.13. Diseño de la zanja del biodigestor tubular

Las dimensiones óptimas de ancho superior (a), ancho inferior (b) y profundidad (p) |dependen del tipo de suelo donde se vaya a realizar la zanja, ya que esto condicionará la inclinación de talud de las paredes (ángulo α), Suelos sueltos y arenosos necesitaran taludes de $\alpha = 30^\circ$ a 45° , mientras que suelos más arcillosos estarán con taludes de $\alpha = 7.5^\circ$ a 30° . En algunos casos se puede lograr hacer zanjas sin talud (sin inclinación) por lo que para este caso sería $\alpha = 0^\circ$ (Martí, 2019).

Tabla 13.

Diseño de la zanja del biodigestor tubular

Ancho de rollo (m)	2	1.75	1.5	1
a (m)	0.7	0.6	0.5	0.3
b (m)	0.9	0.8	0.7	0.5
p(m)	1	0.9	0.8	0.6

Fuente: (Herrero M. , 2019).

3.7.14. Análisis físico-químico del biogás

Para poder reportar un análisis físico químico del biogás de cada tratamiento se utilizará el equipo de medición de gases: analizador GA 5000(geotech); es un equipo portátil de medición de gases y su composición con la capacidad de medir diferentes gases como:

- CH₄

Este instrumento está certificado para ser utilizado en atmósferas explosivas conforme a la directiva ATEX 94/9/EC; con este equipo se debe tomar en consideración su calibración ya que es indispensable para obtener datos más precisos/exactos, aunque estos ya incluyen un apto sistema de calibración digitalizada en el proceso en el que se es fabricado. El gas producido en biodigestores anaerobios instalados en laguacoto II se medirá en los tres biodigestores construidos en un periodo de 30 días; los parámetros a medir son CH₄ (Rangel, 2021).

3.7.15. Potencia y poder calorífico a partir del biogás obtenido

3.7.15.1. Potencia energética

La generación eléctrica real se medirá con un multímetro en la opción voltímetro y Amperímetro que determinará la Intensidad de corriente eléctrica y el voltaje generada. La unidad en la que se mide la intensidad eléctrica es el amperio (símbolo: A). Un amperio es una medida de la cantidad de carga eléctrica que fluye a través de un punto en un circuito por unidad de tiempo (Monica, 2020).

Ecuación 12.

Potencia del Elemento Generador

$$P_{E.G} = \frac{E. disp}{8760 \cdot f \cdot d \cdot p} [KWh/año]$$

Donde

$P_{E.G}$: Potencia del Elemento Generador

$f.d.p$: Se asume comunmente un factor de disponibilidad de planta entre el 80% y del 90% debido a mantenimientos y paro de maquinarias que se puede hacer durante el año

Tabla 14.

Eficiencia de recuperación

Eficiencia de recuperación	Estimación del % de eficiencia
Baja	30-50
Media	60-80
Alta	80-95

Fuente: (Sánchez R. , 2023).

3.7.15.2. Producción de energía eléctrica.

Para poder determinar la potencia de energía generado a partir del biogás producido en biodigestores anaerobios instalados en Lagucoto II. Para poder calcular la energía eléctrica disponible se lo realiza mediante la siguiente Ecuación. Según (Macas, 2019).

Ecuación 13.

Energía eléctrica disponible

$$E. disp = \frac{PCI_{biogas} * Q_{b.r} * \delta}{Y_1} [kW h/año]$$

Donde:

E_{disp} =Energía eléctrica disponible

PCI_{biogas} =Poder calorífico inferior del biogás

$Q_{b,r} * \delta$ = Caudal del biogás recuperable ($m^3/año$)

δ = Eficiencia eléctrica del elemento generador, para transformar la energía térmica a energía eléctrica (MCI, turbina o microturbina).

Y_1 =Factor de conversión de MJ a kW h (1MJ/0.28kW h)

El potencial energético del biogás se presenta en función del porcentaje de metano, puesto que este compuesto es el principal vector energético del biogás. Lo primero que se debe realizar es convertir el volumen de biogás disponible en energía eléctrica, considerando que: un metro cúbico de biogás obtenido de la degradación de la materia prima disponible tiene 55.4% de metano (CH₄), el valor calorífico del metano es 9.44 kWh/m³, los motores de combustión interna tienen una eficiencia del 35% aproximadamente (Bolaños , 2019).

3.7.15.3. Poder calorífico

Para calcular el poder calorífico inferior del biogás producido se realizará con la presente ecuación. Según (Hidalgo, 2019)

Ecuación 14.

Poder calorífico inferior del biogás

$$PCI_{biogas} = \%CH_4 * PCI_{metano}$$

Donde:

PCI_{biogas} =Poder calorífico inferior del biogás

$\%CH_4$ = Concentración de metano (T₁, T₂, T₃)

PCI_{metano} = Poder calorífico del metano

El poder calorífico del metano se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15.

Poder calorífico del metano

Substancia	Poder calorífico inferior (MJ/M3)	Poder Calorífico superior (MJ/M3)
Metano	35.8	39.8

Fuente: (Ruiz, 2019)

➤ **Caudal del biogás**

El caudal de biogás recuperado se verá por la siguiente Ecuación. Según (Rodríguez R. , 2019).

Ecuación 15.

Caudal de biogás

$$Q_{b.r} = \gamma \cdot Q_{biogas} [m^3/año]$$

Donde

$\gamma =$ Eficiencia de recuperacion de biogas

$Q_{biogas} =$ Caudal del biogas generado en el RS

3.7.16. Análisis económico de la electricidad obtenido del biogás

Se realizará una comparación con la tarifa actual de la energía de consumo doméstico y como base de cálculo el consumo en focos de 100 W y la potencia generada disponible para el biogás el término de horas en base a la tabla obtenida de la agencia de regulacion y control de energia y recursos naturales no renovables.

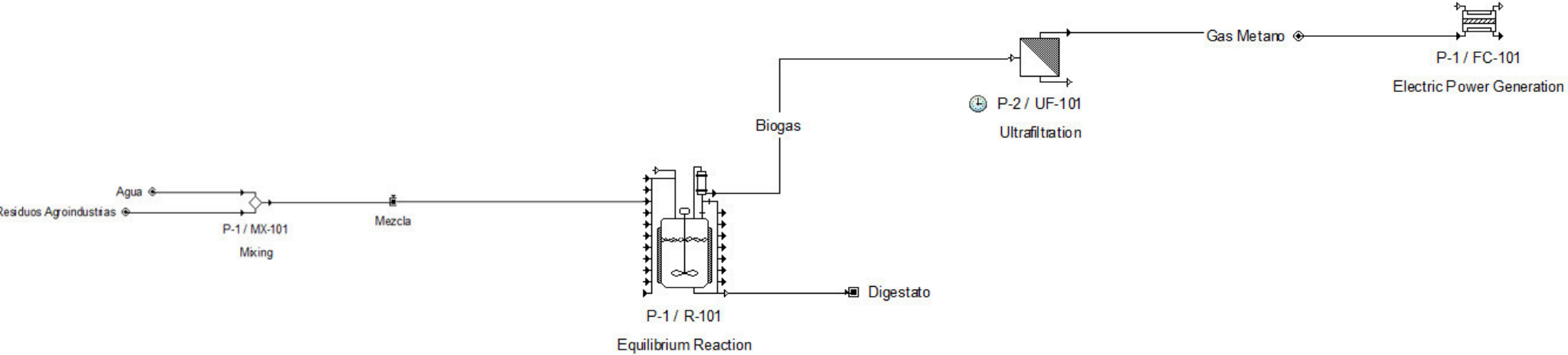
El análisis económico de la electricidad obtenida a partir del biogás implica evaluar los costos y beneficios asociados a la producción de energía eléctrica a partir de la digestión anaeróbica de materia orgánica y la conversión del biogás resultante en electricidad. A continuación, se describen los elementos clave a considerar en este análisis:

- Inversión inicial: Se debe evaluar el costo de adquisición e instalación de la planta de digestión anaeróbica y la infraestructura necesaria para la generación de electricidad. Esto incluye los reactores de digestión, sistemas de recogida de biogás, generadores, y otros equipos relacionados.
- Costos operativos: Esto comprende los gastos asociados con el mantenimiento, operación y gestión de la planta, como salarios, reparaciones, suministros de material orgánico, y otros costos variables.
- Ingreso por la venta de electricidad: Se debe calcular el ingreso que se generará por la venta de electricidad en el mercado o a través de acuerdos de compra de energía (PPA). Esto dependerá de las tarifas eléctricas, la capacidad de generación y la disponibilidad de la energía producida.
- Certificados y subsidios: En algunos lugares, la generación de energía a partir de fuentes renovables, como el biogás, puede dar lugar a la obtención de certificados de energía renovable o a recibir subsidios gubernamentales, lo que puede influir en la rentabilidad del proyecto.
- Costos de disposición de residuos: Si el material orgánico utilizado para la producción de biogás se considera un residuo, se pueden evitar los costos de disposición de residuos al utilizarlo para la generación de biogás.
- Eficiencia del proceso: La eficiencia de la conversión de biogás en electricidad es un factor crítico en el análisis económico. Cuanto mayor sea la eficiencia, menor será el costo por unidad de electricidad generada.
- Ciclo de vida del proyecto: Es importante evaluar el período de tiempo durante el cual se espera que el proyecto esté en funcionamiento y generar beneficios. Esto incluye la vida útil de los equipos y la disponibilidad constante de materia orgánica.
- Riesgos y contingencias: Es fundamental considerar los riesgos asociados al proyecto, como cambios en las tarifas eléctricas, interrupciones en el suministro de materia orgánica o problemas técnicos, y desarrollar estrategias de mitigación y contingencia.
- Análisis de sensibilidad: Realizar un análisis de sensibilidad que evalúe cómo diferentes variables, como los precios del gas, las tarifas eléctricas, los costos operativos y otros factores, pueden afectar la rentabilidad del proyecto.

Valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR): Estas métricas financieras se utilizan para evaluar la viabilidad económica del proyecto a lo largo de su vida útil. Un VPN positivo y una TIR superior a la tasa de descuento suelen indicar un proyecto rentable.

El análisis económico de la electricidad obtenida a partir del biogás es complejo y puede variar según las condiciones específicas del proyecto y el contexto local. Es importante contar con datos precisos y realizar un estudio detallado para determinar si la inversión es viable desde el punto de vista económico y ambiental. También es aconsejable consultar a expertos en el campo de la generación de energía a partir de biogás y fuentes de energía renovable para obtener orientación adicional.

3.8. Simulacion del proceso de produccion de electricidad a artir del biogas



3.8.1. Descripción del proceso

➤ Recepción de la materia prima:

La materia prima se recolectó en la Universidad Estatal de Bolívar en el complejo Agroindustrial ubicado en Laguacoto II que posteriormente fueron llevados al lugar destinado para el trabajo experimental.

➤ Mezclado:

Cuando existe residuos muy grandes es necesario realizar un acondicionamiento por ende para acondicionar los residuos agroindustriales recolectados para su biodigestión se disolverá al porcentaje respectivo de cada tratamiento 10% de sólidos y 90% de líquido. Luego se homogenizará la mezcla con la ayuda de una varilla de madera. Antes de ingresar al biodigestor, se realizará un simple filtrado para evitar que entren sólidos muy grandes y ocasionen la formación de costras sobre los lodos y evite la liberación del biogás

➤ Biodigestión Anaerobia:

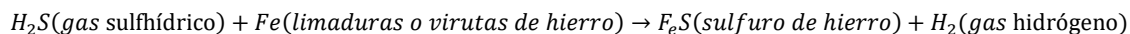
Se realizará en un biodigestor tubular de geomembrana cilíndrico. La biodigestión se realizará en función del clima para lo cual se tomará un TRH. Cabe señalar, que la temperatura es inversamente proporcional al tiempo de residencia hidráulico.

Se obtendrá los productos tales como el biol y el biogás el cual para nuestro trabajo de investigación tomaremos el biogás.

➤ Filtración:

El biogás pasa por medio de una válvula que controlara su salida en donde el gas obtenido se divide en: gas metano CH_4 en mayor proporción de entre un 55-70% del total y en pequeñas cantidades el CO_2 , H_2S , y vapor de agua; conociendo que el H_2S es un gas altamente contaminante se procedió a la colocación de un filtro hecho por tubo PVC, limalla de hierro y biocarbón, cuando el gas sulfuro de hidrógeno (H_2S) entra en contacto con el hierro, puede ocurrir un proceso químico llamado "corrosión por sulfuro de hidrógeno" o "corrosión por H_2S " por otro lado el biocarbón absorbe el vapor de agua produciendo un gas metano más limpio.

La reacción química se representa de la siguiente manera:



➤ **Generación eléctrica:**

El biogás filtrado se conduce hasta un generador eléctrico, transformando la energía mecánica en eléctrica.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados de Generar biogás con los residuos orgánicos producidos en el campus Laguacoto II

En un área del complejo agroindustrial destinada a la recolección de residuos orgánicos clasificados se colocó dos recipientes en los cuales se acopio la producción diaria de desechos que se presentan en la tabla 12.

Tabla 16.

Recolección de residuos cárnicos, cereales, lacto suero por 20 días

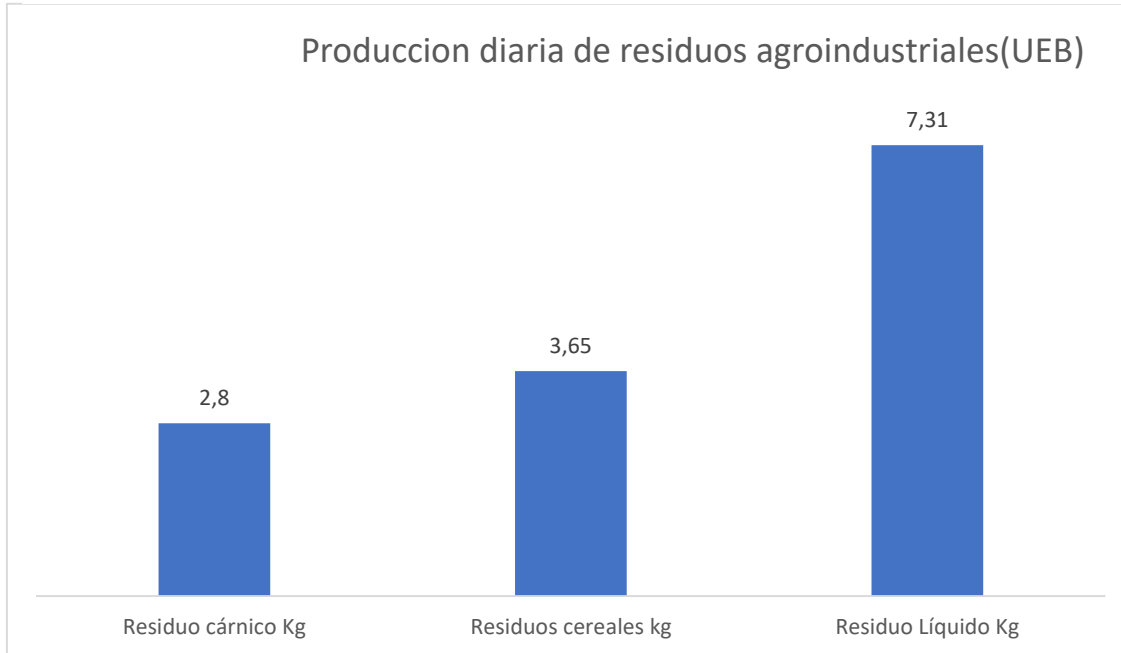
Dia	Residuo cárnico Kg	Residuos cereales kg	Residuo Líquido Kg
1	3	1	8
2	4	3	11
3	5	6	13
4	4	3	13,2
5	2	8	10
6	4	7	8
7	5	7	13
8	3	9	7
9	0	2	6

10	7	5	0
11	3	4	0
12	4	1	6
13	2	3	8
14	0	0	7
15	2	7	11
16	1	2	5
17	2	0	5
18	2	1	8
19	1	4	7
20	2	0	0
Total	56	73	146,2
Kg /día	2,8	3,65	7,31

Nota. Trabajo experimental

Figura 7.

Producción diaria de residuos



Nota. Trabajo experimental

La figura 7 representa la producción diaria durante 20 días de los residuos agroindustriales (cárnicos, cereales, líquido) representados en Kg.

4.1.1. Comparación de análisis elemental en relación con los resultados obtenidos de la muestra

En la siguiente tabla 17 se muestra los parámetros con los rangos óptimos para un proceso de biodigestión anaerobia con el fin de generar biogás.

Tabla 17.*Comparación de análisis elemental en relación con los resultados obtenidos de la muestra*

Parámetros	Resultado (mg/l)	Rangos para la estimulación (mg/l)	Observación
Calcio	292,8	100 a 200	Normal*
Zinc	0,39	<1,0	Normal
Cloruros	600		
Cobre	0,13	<0,5	Normal
Cromo Total	<0,04	<3,0	Normal
Magnesio	150	75 a 150	Estimulante
Nitrógeno Total	325	200 – 1000	Sin efectos adversos
Potasio	706	200 a 400	Normal**
Sodio	77,9	100 a 200	Estimulante
Solidos Disueltos	4345		

Nota. Trabajo experimental

*El calcio tiene un rango de mejor estimulante entre 100 y 200 e inhibidor en > 2500, por lo que se considera que el valor obtenido no afectará como estimulante o inhibidor ya que el valor obtenido esta fuera de los dos rangos.

** El potasio tiene un rango estimulante entre 200 a 400 e inhibidor entre 2500 a 45000 por lo que el valor obtenido en el análisis no afectará ya que el valor obtenido está fuera de los rangos.

En la tabla 18 se compara los resultados obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio Ecudyveng CIA.LTDA y los rangos permitidos para el nitrógeno total según. López (2019) el rango de estimulación del nitrógeno está en un rango de estimulación de 200-1000; Vallejo (2018) nos da a conocer el rango estimulante del calcio de 100-200, el zinc <1,0; (Rodriguez O. D., 2022) asegura que el rango estimulante del sodio es de 100-200 y del potasio 200-400, Vargas (2018) nos informa que el rango estimulante del cromo total es <3,0 y del magnesio 75 a 150.

4.1.2. Biodegradabilidad de la materia prima

$$\text{Biodegradabilidad de MP} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

$$\text{Biodegradabilidad de MP} = \frac{1158}{5865}$$

$$\text{Biodegradabilidad de MP} = 0.19$$

Donde:

MP = Materia prima

La biodegradabilidad de la materia prima indica si es factible utilizarla para procesos de biodigestión anaeróbica para lo cual su valor debe ser <0.2 según (Espinosa, 2020). La materia prima obtenida de la planta agroindustrial cumple con este parámetro en tal razón se procede a realizar las pruebas para los diferentes tratamientos propuestos.

El rango óptimo de pH de acuerdo Mendieta (2020) está entre 6.6 y 7.6 y según Sosa (2015), de 6.0 a 8.3. lo que nos indica que el rango de nuestro análisis está dentro de los parámetros exigidos dentro del proceso de biodigestión. Los inóculos con valor fuera de estos rangos presentan desequilibrios en la producción y consumo en exceso de ácidos grasos volátiles. La disminución del pH provoca acidificación del lodo y el incremento del pH provoca inhibición por NH₃.

4.1.3. Caracterización a nivel escala de cada tratamiento

La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos monitoreados a menor escala de los 19 tratamientos con tres repeticiones cada uno:

Tabla 18.

Combinaciones de los 12 tratamientos con tres repeticiones

N°	Combinaciones	Residuos Agroindustriales	THR	Temperatura	CH4
1	a1b1c1	10+90	15 días	15°C	70,3

2	a1b1c2	10+90	15 días	20°C	71,1
3	a1b2c1	10+90	30días	15°C	74,6
4	a1b2c2	10+90	30días	20°C	74,8
5	a2b1c1	20+80	15 días	15°C	63,9
6	a2b1c2	20+80	15 días	20°C	63,8
7	a2b2c1	20+80	30días	15°C	65,3
8	a2b2c2	20+80	30días	20°C	65,8
9	a3b1c1	30+70	15 días	15°C	58,7
10	a3b1c2	30+70	15 días	20°C	58,8
11	a3b2c1	30+70	30días	15°C	59,1
12	a3b2c2	30+70	30días	20°C	59,1
13	a1b1c1	10+90	15 días	15°C	70,2
14	a1b1c2	10+90	15 días	20°C	71,2
15	a1b2c1	10+90	30días	15°C	74,5
16	a1b2c2	10+90	30días	20°C	74,7
17	a2b1c1	20+80	15 días	15°C	63,9
18	a2b1c2	20+80	15 días	20°C	63,8
19	a2b2c1	20+80	30días	15°C	65,3
20	a2b2c2	20+80	30días	20°C	65,8
21	a3b1c1	30+70	15 días	15°C	58,7
22	a3b1c2	30+70	15 días	20°C	58,8
23	a3b2c1	30+70	30días	15°C	59,1
24	a3b2c2	30+70	30días	20°C	59,1
25	a1b1c1	10+90	15 días	15°C	70,2
25	a1b1c2	10+90	15 días	20°C	71,2
27	a1b2c1	10+90	30días	15°C	74,6
28	a1b2c2	10+90	30días	20°C	74,7
29	a2b1c1	20+80	15 días	15°C	63,9
30	a2b1c2	20+80	15 días	20°C	63,7
31	a2b2c1	20+80	30días	15°C	65,4
32	a2b2c2	20+80	30días	20°C	65,7

33	a3b1c1	30+70	15 días	15°C	58,8
34	a3b1c2	30+70	15 días	20°C	58,9
35	a3b2c1	30+70	30días	15°C	59,2
36	a3b2c2	30+70	30días	20°C	59,3

Nota. Trabajo experimental.

Los resultados obtenidos de cada tratamiento se sometieron a un análisis estadístico ANOVA para determinar los mejores tratamientos que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19.

Análisis de varianza (Anova) para la producción de ml del gas metano

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Residuos Agroindustriales				146277,0	
S+L	1137,71	2	568,855	7	0,0000
B: TRH	36,4011	1	36,4011	9360,29	0,0000
C: Temperatura	0,587778	1	0,587778	151,14	0,0000
INTERACCIONES					
AB	19,6506	2	9,82528	2526,5	0,0000
AC	0,400556	2	0,200278	51,5	0,0000
BC	0,0177778	1	0,0177778	4,57	0,0429
ABC	0,667222	2	0,333611	85,79	0,0000
RESIDUOS	0,0933333	24	0,00388889		
TOTAL (CORREGIDO)	1195,53	35			

Nota. Trabajo experimental. *Diferencia significativa; NS diferencia no significativa

En la tabla 20 muestra para el factor A (Residuos Agroindustriales), el factor B (Tiempo de Retención Hidráulica), factor C (Temperatura) presenta diferencia significativa debido de su valor -P es menor que 0.05 ya que si influye los tipos de residuos recolectados para los biodigestores como también el tiempo de retención hidráulica sobre la temperatura para la producción de CH₄ con un 95,0% de nivel de confianza.

Al momento que verificamos que existe diferencia estadísticamente significativa se procede a realizar la prueba de rangos múltiples que se presenta en la siguiente tabla 16:

Tabla 20.

Prueba de LSD de las medias para los residuos Agroindustriales del factor A

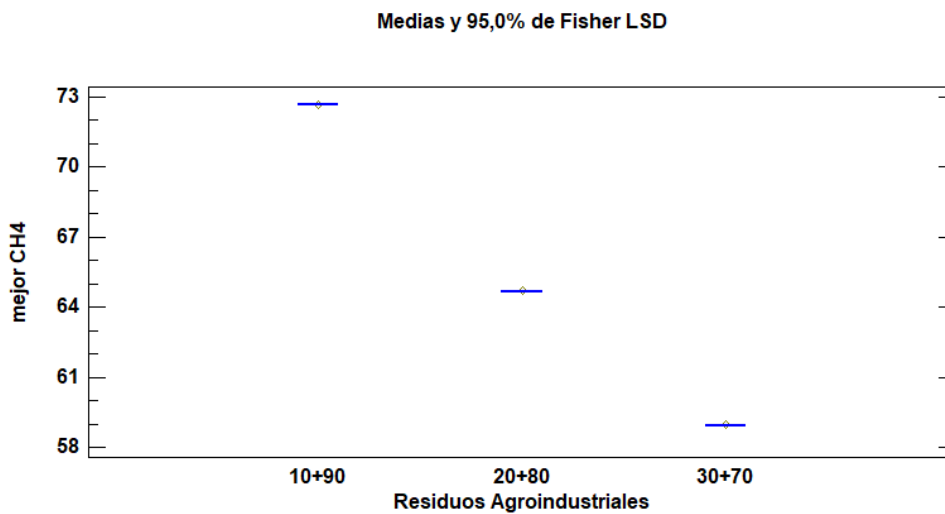
Residuos Agroindustriales	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30+70	12	58,9667	0,0180021	X
20+80	12	64,6917	0,0180021	X
10+90	12	72,675	0,0180021	X

Nota. Trabajo experimental

La tabla 21, se evidencia que la media más alta corresponde al nivel a1 con una media de 72,675 es decir que el mejor tratamiento para la construcción del biodigestor siendo con un tiempo de retención hidráulica de 30 días para la producción del gas CH₄.

Figura 8.

Medias para los residuos agroindustriales del factor A



Nota. Trabajo experimental

En la figura 8 se observa el nivel de porcentaje de los residuos con una disolución 10%+90%, es el mejor con una media de 76,5 para la producción del gas CH₄ con un nivel de confianza de un 95%.

Una vez determinado cuales fueron los mejores tratamientos: (T₄, T₁₆, T₂₈); los cuales replicamos en campo.

4.2. Diseño de un biodigestor tubular (con la mezcla 10% - 90 %)

➤ Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de la muestra

La siguiente tabla me presenta los parámetros necesarios para el cálculo del carbono/ Nitrógeno los cuales fueron obtenidos de laboratorio y bibliografía especializada.

Tabla 21.

Características de las materias primas

Materias primas	Humedad	Solidos	Carbono	Nitrógeno	Mpkg/día
	%	totales %	%	%	
Cárnicos	70.95	29.05	50	16	2.8
Cereales	27.4	72.6	40	1.81	3.65
Residuo Liquido	88.33	11.67	20	1.2	7.31

Nota. Trabajo experimental.

$$\frac{C}{N} = \frac{C_{carnicos} * X_{carnicos} + C_{cereales} * X_{cereales} + C_{lactosuero} * X_{lactosuero}}{N_{carnicos} * X_{carnicos} + N_{cereales} * X_{cereales} + N_{actosuero} * X_{lactosuero}}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{50 * (2.8 * 0.2905) + 40 * (3.65 * 0.726) + 20 * (7.31 * 0.1167)}{16 * (2.8 * 0.2905) + 1.81 * (3.65 * 0.726) + 1.2 * (7.31 * 0.1167)}$$

$$\frac{C}{N} = 8.69$$

La relación C/N no está dentro de los rangos según Martí (2019), por lo que es necesario añadir compuestos ricos en carbono en este caso como la paja de trigo un residuo del que dispone. La cantidad necesaria de residuos se calcula con la ecuación 4, en la cual se induce a que la relación C/N = 20:

$$20 = \frac{50 * (2.8 * 29.05) + 40 * (3.65 * 72.6) + 20 * (7.31 * 11.67) + M_{ptrigo} * 46 * 92}{16 * (2.8 * 0.2905) + 1.81 * (3.65 * 0.726) + 1.2 * (7.31 * 0.1167) + M_{ptrigo} * 0.53 * 92}$$

$$M_{ptrigo} = 6.54 \text{ Kg/día}$$

La siguiente tabla muestra la materia prima que cumple con la relación C/N y con la que se puede diseñar el biodigestor tubular:

Tabla 22.

Cumplimiento de la relación C/N

Materias primas	Humedad %	Sólidos totales %	Carbono %	Nitrógeno %	Mpkg/día
Cárnicos	70.95	29.05	50	16	2.8
Cereales	27.4	72.6	40	1.81	3.65
Residuo Líquido	88.33	11.67	20	1.2	7.31
Paja de trigo	8	92	46	0.53	6.54
Total					20.3

Nota. Trabajo experimental.

➤ **Para el cálculo de la concentración de materia prima:**

$$M = \frac{MP_{carnicos} * \%ST + MP_{cereales} * \%ST + MP_{residuo\ líquido} * \%ST + MP_{paja\ trigo} * \%ST}{MP_{carnicos} + MP_{cereales} + MP_{residuo\ líquido} + MP_{paja\ trigo}} * 100$$

Donde:

$\%ST$ = porcentaje de sólidos totales de la materia prima

M = concentración de la materia prima en %

MP = peso de la materia prima fresca

$$M = \frac{2.8 * (0,2905) + 3.65 * (0,726) + 7.31 * (0,1167) + 6.54(0.92)}{2.8 + 3.65 + 7.31 + 6.54} * 100$$

$$M = 50.9\%$$

➤ **Cantidad de agua necesaria**

En la siguiente ecuación se calcula la cantidad necesaria de agua:

$$M = \frac{MP_{carnicos} * \%ST + MP_{cereales} * \%ST + MP_{residuo\ liquido} * \%ST + MP_{paja\ trigo} * \%ST}{MP_{carnicos} + MP_{cereales} + MP_{residuo\ liquido} + MP_{paja\ trigo} + W} * 100$$

Donde:

$\%ST$ = *porcentaje de sólidos totales de la materia prima*

M = *concentración de la materia prima en %*

MP = *peso de la materia prima fresca*

W = *peso del agua*

$$10 = \frac{2.8 * (0,2905) + 3.65 * (0,726) + 7.31 * (0,1167) + 6.54(0.92)}{2.8 + 3.65 + 7.31 + 6.54 + W} * 100$$

$$\frac{10}{100} = \frac{10.33}{20.3 + W}$$

$$W = 83 \frac{Kg}{día}$$

$$W = 83 \frac{Kg}{día} * \frac{m^3}{1000 Kg}$$

$$W = 0.083 \frac{m^3}{día}$$

➤ **El volumen de carga diaria del biodigestor:**

Volumen carga diaria = Volúmen de la materia prima total + Volúmen de agua

$$Volumen\ carga\ diaria = 20.3 \frac{Kg}{día} * \frac{L}{1Kg} * \frac{1m^3}{1000 L} + 0.083m^3/día$$

$$Volumen\ carga\ diaria = 0.1033 m^3/día$$

➤ **El volumen líquido del biodigestor:**

Volumen líquido del biodigestor = Volumen carga diaria * Tiempo de retención

$$\text{Volumen líquido del biodigestor} = 0.1033 \text{ m}^3/\text{día} * 30\text{días}$$

$$\text{Volumen líquido del biodigestor (V}_l\text{)} = 3.1 \text{ m}^3$$

➤ **Volumen del gas del biodigestor**

$$V_{gas} = \frac{V_l}{4}$$

$$V_{gas} = \frac{3.1 \text{ m}^3}{4}$$

$$V_{gas} = 0.775 \text{ m}^3$$

➤ **Volumen total del biodigestor:**

$$\text{Volumen total del biodigestor} = V_l + V_{gas}$$

$$VT = 3.1 + 0.775$$

$$VT = 3.875 \text{ m}^3$$

(Martinez, 2020), en su trabajo sobre la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante la biodigestión donde trabajaron con 329 kg de estiércol diario donde obtuvieron un volumen líquido 24.677m³; volumen de gas 8.225m³; volumen total= 32,903m³; una producción de biogás de 9.93m³/día, producción mensual 297,87m³/día.

4.2.1. Dimensiones del biodigestor

4.2.1.1. Ancho de Rollo

Este ancho de rollo equivale a la mitad de la circunferencia total de la manga. El ancho de rollo determina el diámetro y radio del biodigestor como se presenta en la tabla:

Tabla 23.

Parámetros de diseño de un biodigestor tubular

Ancho de rollo	Longitud	Diámetro	L/D
1	12,11	0,64	18,92
1,25	7,75	0,8	9,69
1,5	5,38	0,96	5,61
1,75	3,99	1,12	3,57
2	3,05	1,28	2,38

Nota. Trabajo experimental

Una vez realizado los cálculos podemos considerar que el ancho de rollo, longitud, diámetro, L/D óptimo para la construcción del biogás digester y considerando los materiales existentes en el mercado local es:

Tabla 24.

Tabla de diseño de biodigestores tubulares, relación óptima.

Ancho de rollo (m)	Longitud del biodigestor (m)	Diámetro(m)	L/D (entre 5-10)
1.5	5.38	0.96	5.61

Nota. Trabajo experimental

En un estudio realizado por Zabaleta, (2018) titulado Diseño de un biodigestor tubular para zonas rurales de la región de Piura nos dice que el diseño óptimo para un biodigestor con una carga diaria de 0.5-0.25 m³/día se puede utilizar un ancho de rollo de 1.5, la longitud del biodigestor 5.38, un diámetro de 0.96 datos recolectados de (Herrero M. , 2019); la carga diaria de nuestra investigación es de 0.1033m³/día entonces nos encontramos dentro de las medidas requeridas.

4.2.1.2. Dimensiones de la zanja del biodigestor

Con las dimensiones optimas del biodigestor, se determina las mediadas de la zanja para la instalación la cual se presenta en la siguiente tabla.

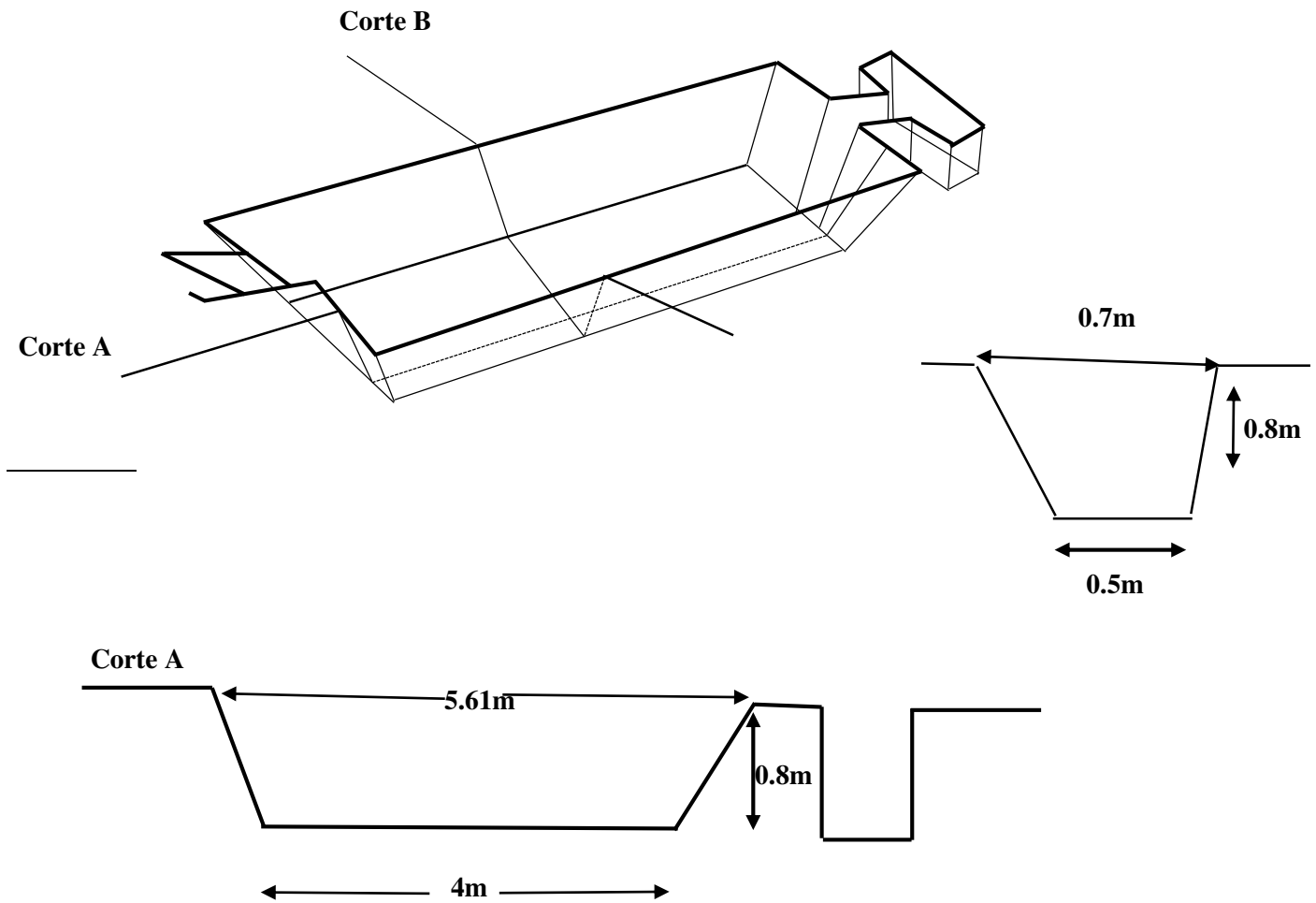
Tabla 25.*Dimensiones de la zanja del biodigestor*

Ancho de rollo (m)	1.5
a (m)	0.5
b (m)	0.7
p(m)	0.8

Nota. Trabajo experimental

Según Huahua Luque, (2020) .En su trabajo titulado estado del arte sobre la producción de biogás mediante la digestión anaerobia como parte del aprovechamiento de la biomasa residual pecuaria donde utilizaron un biodigestor de una ancho de rollo de 1.5m y 0.96 de diámetro dieron a conocer las dimensiones optimas de la zanja fueron: $a=0.48m$; $b=0.87m$; $p=0.71m$; $A_{zanja} =1.01m^2$; $A_{biogas}=0.33m^2$; $A_{total}=1.34m^2$; $L=6.20$ con la diferencia que por falta de un terreno estable se adaptó la construcción en un especie de cajón.

Figura 9. *Diseño de la zanja*



Nota. Trabajo experimental

4.2.2. Resultados de la Caracterización físico y químico del biogás obtenido

Una vez realizado el trabajo experimental con tres réplicas cada tratamiento pudimos determinar los tres mejores tratamientos que fueron: (T₄, T₁₆, T₂₈); los cuales replicamos en campo, cada tratamiento con diferente tecnificación y proceso

Tabla 26.*Volumen acumulado de ml CH4 durante 21 días*

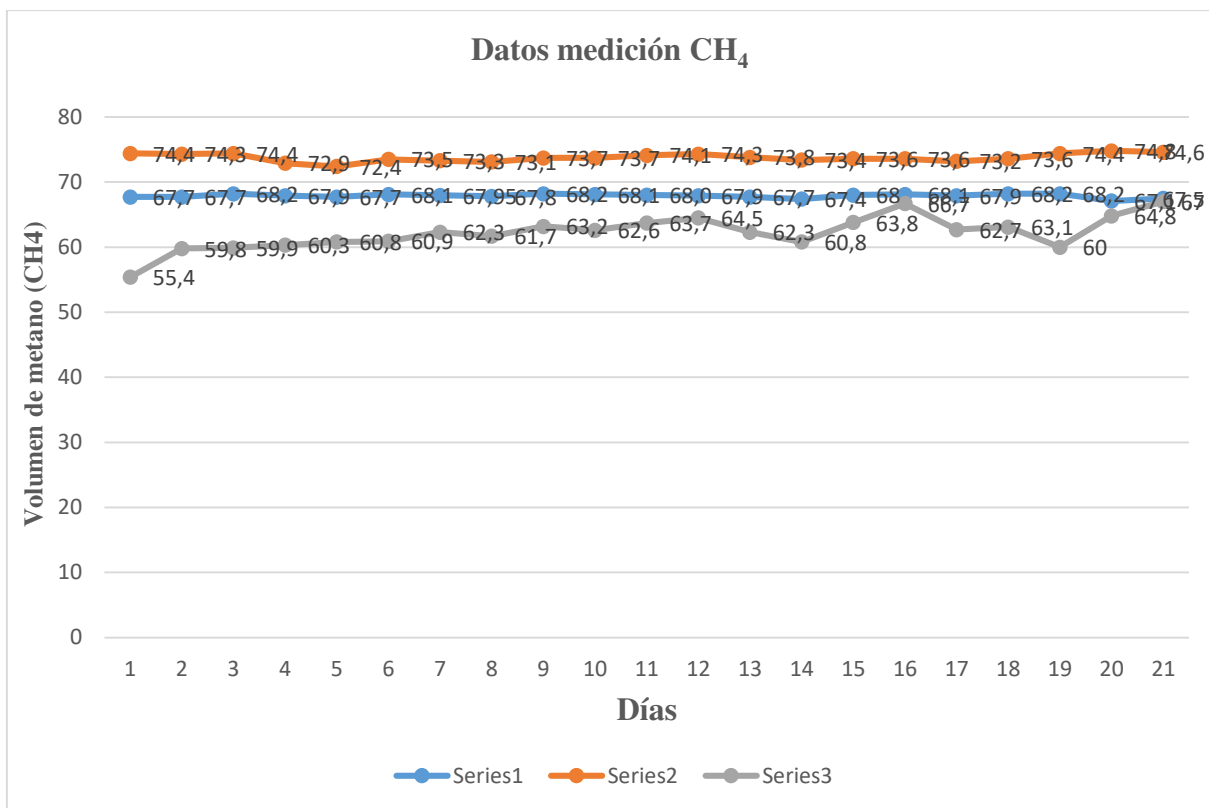
Día	Volumen Metano (%)		
	T4	T16	T28
1	67,7	74,4	55,4
2	67,7	74,3	59,8
3	68,2	74,4	59,9
4	67,9	72,9	60,3
5	67,7	72,4	60,8
6	68,1	73,5	60,9
7	67,95	73,3	62,3
8	67,8	73,1	61,7
9	68,2	73,7	63,2
10	68,1	73,7	62,6
11	68,0	74,1	63,7
12	67,9	74,3	64,5
13	67,7	73,8	62,3
14	67,4	73,4	60,8
15	68	73,6	63,8
16	68,1	73,6	66,7
17	67,9	73,2	62,7
18	68,2	73,6	63,1
19	68,2	74,4	60
20	67,1	74,8	64,8
21	67,5	74,6	67

Nota. Trabajo experimental

En la tabla 27 se menciona las mediciones de biogás se realizaron por 21 días consecutivos, los datos se empezaron a tomar a partir del día 30 (TRH) posterior a la primera carga, pero se representa desde 1 en los cuales gracias a la medición del volumen del biogás generado diariamente y el porcentaje de metano se puede calcular.

Figura 10.

Datos volumen del gas CH₄



Nota. Trabajo experimental

La figura 10, muestra la toma de datos del gas CH₄ de los tres mejores tratamientos replicados en campo durante 21 días, los datos fueron recolectados desde el día 30 posterior a la primera carga del biodigestor dando que en la figura toma desde el día 1; los tres tratamientos mencionaron fueron los únicos que tuvieron un aumento de metano durante el tiempo que se llevó a cabo la investigación, por lo tanto, podemos determinar que el mejor tratamiento es el T₁₆ por la concentración constante del metano.

En un proyecto titulado Evaluación de biogás obtenido mediante biodigestores con diferentes tiempos de retención hidráulica (TRH) realizado por Palacios, (2020), donde categorizan la eficiencia del gas metano en 30 días y con residuos de cocina llegó a su pico más alto 65% comparado a los datos obtenidos de nuestro mejor tratamiento T₁₆ el pico más alto llega a 74.8% dando por entendido que la mezcla de los residuos agroindustriales como cárnicos

cereales y lactosuero tiene una mejor eficiencia de gas metano para poder utilizarlo como combustible para diferentes procesos o equipos.

Tabla 27.

4.3. Resultados del Cálculo de la potencia y poder calorífico

4.3.1. Cálculo del poder calorífico inferior

Tabla 28. Producción promedio de % biogás

Producción promedio de % biogás		
T ₄	T ₁₆	T ₂₈
67.87	73.77	62.20

Nota. Trabajo experimental

Poder calorífico inferior del biogás T₁

$$PCI_{biogás} = \%CH_4 * PCI_{metano}$$

$$PCI_{biogás} = 67.87 * 35.8$$

$$PCI_{biogás} = 2429.88MJ/m^3$$

➤ Poder calorífico inferior del biogás T₁₆

$$PCI_{biogás} = \%CH_4 * PCI_{metano}$$

$$PCI_{biogás} = 73.77 * 35.8$$

$$PCI_{biogás} = 2640.85MJ/m^3$$

➤ Poder calorífico inferior del biogás T₂₈

$$PCI_{biogás} = \%CH_4 * PCI_{metano}$$

$$PCI_{biogás} = 62.20 * 35.8$$

$$PCI_{biogás} = 2226.93MJ/m^3$$

➤ **Caudal del biogás recuperado**

$$Q_{b.r} = \gamma \cdot Q_{biogas} [m^3/año]$$

$$Q_{b.r} = 0.8 \cdot 9.13$$

$$Q_{b.r} = 7.30 m^3/año$$

4.3.2. Cálculo de la potencia.

Potencia del generador con T4

$$P_{E.G} = \frac{2234.98 kWh/año}{8760h \cdot 0.8}$$

$$P_{E.G} = \frac{0.32 kWh}{año}$$

Potencia del generador con T16

$$P_{E.G} = \frac{E. disp}{8760h \cdot f. d. p} [kWh/año]$$

$$P_{E.G} = \frac{2429.03 kW h/año}{8760h \cdot 0.8}$$

$$P_{E.G} = 0.35 kWh/año$$

Potencia del generador con T28

$$P_{E.G} = \frac{E. disp}{8760h \cdot f. d. p} [kWh/año]$$

$$P_{E.G} = \frac{2048.33 kW h/año}{8760h \cdot 0.8}$$

$$P_{E.G} = 0.29kWh/año$$

4.3.3. Producción de energía

➤ Producción de energía eléctrica T₄

$$E. disp = \frac{PCI_{biogas} * Q_{b.r} * \delta}{Y_1} [kW h/año]$$

$$E. disp = 2429.88MJ/m^3 * 7.30m^3/año * 0.45$$

$$E. disp = 680.36kW h/m^3 * 7.30m^3/año * 0.45$$

$$E. disp = 2234.98kW h/año$$

➤ Producción de energía eléctrica T₁₆

$$E. disp = \frac{PCI_{biogas} * Q_{b.r} * \delta}{Y_1} [kW h/año]$$

$$E. disp = 2640.85MJ/m^3 * 7.30m^3/año * 0.45$$

$$E. disp = 739.43kW h/m^3 * 7.30m^3/año * 0.45$$

$$E. disp = 2429.03kW h/año$$

➤ Producción de energía eléctrica T₂₈

$$E. disp = \frac{PCI_{biogas} * Q_{b.r} * \delta}{Y_1} [kW h/año]$$

$$E. disp = 2226.93MJ/m^3 * 7.30m^3/año * 0.45$$

$$E. disp = 623.54kW h/m^3 * 7.30m^3/año * 0.45$$

$$E. disp = 2048.33kW h/año$$

Tabla 29.*PCI, producción eléctrica y potencia de T₄, T₁₆, T₂₈*

	T₄	T₁₆	T₂₈
Poder calorífico inferior MJ/m³	2429.88	2640.85	2226.93
Producción eléctrica kW h/año	2234.98	2429.03	2048.33
potencia kWh/año	0.32	0.35	0.29

Nota. Trabajo experimental

Quesada, (2021) trabajo en un proyecto de generación de energía eléctrica a partir del biogás donde obtuvieron un promedio de metano de 77,9% obtuvieron una producción eléctrica de 274kWh; Carvajal, (2021) publico un artículo denominado Caracterización del poder calorífico de la biomasa residual de cacao CCN51 mediante procesos de gasificación anaeróbico y termoquímico en donde presentan un poder calorífico de 170.35 MJ/m³ que van concordando con datos obtenidos por modelos matemáticos; según la agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, (2022) la potencia anual es de 40.43 kWh/año, comparado con nuestra investigación y al tamaño que estamos trabajando es aceptable.

4.4. Resultado del Análisis económico la electricidad obtenida

Tabla 30. *Materiales para el diseño y construcción del Biodigestor de cada tratamiento*

Materiales	Descripción	Cantidad	Gastos			Total \$
			T4	T16	T28	
			Precio			
Plástico (Geomembrana)	Plástico	3	\$13	\$13	\$13	\$39
Tubos (Plástico)	Tubos PVC	3	10	10	10	\$30
Cuerdas(sogas)	Para homogenizar la mezcla dentro del biodigestor	3	8	10	10	\$28
Válvulas	Para controlar la salida del gas	3	6	6	6	18
Uniones	Unión tanque-tanque	10	7	7	7	21
Abrazaderas	Reforzar la seguridad	30	8	8	8	24
Pegamento para-PVC	Para evitar fugas del biogás	3	5	5	5	15
Cinta adhesiva	Cinta adhesiva reforzada	6	6	6	6	18
Mangueras	Manguera para el biogás	3	10	10	10	30
Cauchos	para sellar y reforzar los tubos de entrada y salida del biodigestor	6	6.85	6.85	6.85	18.75
Herramientas:	Clavos, Martillos, Teflón, Tijeras, encendedores, Alicates, destornilladores, estilete					10
TOTAL	Total		\$80	\$82	\$82	\$251.75

Tabla 31.*Materiales para los filtros*

Materiales para los filtros	Precio por unidad	Cantidad	precio total
Tubos PvC	9	1	9
Conexión tanque-tanque 1/2	3.75	6	22.5
Pegamento PVC	5	1	5
Limalla de hierro	5		5
Biocarbón	1.5		1.5
tapas hembra	2.5	6	15
cortafierro			
encendedores	1	1	1
Teflón	0.5	1	0.5
Acople de rosca-manguera	0.6	6	3.6
Total			63.1

Nota. Trabajo experimental

Tabla 32.*Materiales para el cubrimiento y protección de cada biodigestor*

Materiales Para el techo				
	T4	T16	T28	Total
Platico	\$19	\$15	\$12	\$46
Clavos	\$2	\$2	\$2	\$6
Martillo				5
Madera				
Cuerdas	\$1	\$1	\$1	\$3
Cauchos	\$3	\$3	\$5	11
Total				\$71

Nota. Trabajo experimental

Tabla 33.*Activos*

Biodigestor	105
Filtro	30
Generador	100
Total	235

Nota. Trabajo experimental**Tabla 34.***Relación de la luz eléctrica con la construcción de un biodigestor*

Luz eléctrica mensual	Al año	A los 5 años	Construcción del biodigestor
\$30	\$360	\$1800	\$235

Nota. Trabajo experimental

Para la utilización de un MCI a partir de gas metano es necesario poseer un grado medio de procesamiento ya que alcanzan una potencia hasta de 20MW con un rendimiento general de 70-80%, con una eficiencia de conversión de energía mecánica a eléctrica de 25-45% con un costo de instalación de 240 US\$kW

4.4.1. Costo Beneficio

Se tomó en consideración el valor inicial la inversión que se realizó en la construcción del biodigestor y generador la tasa de interés se tomó la vigente en el Ecuador el factor ingreso la generación de electricidad disponible calculado con la tarifa actual del mercado, los datos del egreso son lo que cuesta el mantenimiento y operación cada año del biodigestor y se calculó por los 5 años de vida útil que tiene nuestro biodigestor en la tabla 36 se detalla los resultados:

Tabla 35.

VAN y TIR del mejor tratamiento

Costos	\$	Beneficios	\$
Biodigestor	105	Producción de energía	300
Filtro	30		
Generador	100		
Mantenimiento	30		
Total	265		300

Nota. Trabajo experimental

$$\frac{C}{B} = \frac{\text{Suma de beneficios}}{\text{Suma de costos}}$$

$$\frac{C}{B} = \frac{300}{265}$$

$$\frac{C}{B} = 1.132$$

En los 5 años de vida útil de nuestro biodigestor nos presenta un análisis económico positivo por ende la tasa de descuento elegida genera beneficios y la tasa de rentabilidad del proyecto expresada supera la tasa de corte (VAN=0) por ese motivo se acepta el proyecto. Según Macías, (2020) en su trabajo titulado Diseño de un sistema piloto de tratamiento de desechos urbanos para un mercado de transferencia de víveres obtienen valores positivos similares a los nuestros.

4.5.Comprobación de hipótesis

4.5.1. Verificación de hipótesis

Ho: El biogás producido de los residuos agroindustriales de la planta Lagucoto II en diferentes tratamientos mediante factores de estudio de la retención hidráulica y la temperatura, no influye en la obtención de bioelectricidad.

H₁: El biogás producido de los residuos agroindustriales de la planta Laguacoto II en diferentes tratamientos mediante factores de estudio de la retención hidráulica y la temperatura, influye en la obtención de bioelectricidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el efecto de las combinaciones de cada tratamiento el factor A (Residuos Agroindustriales), el factor B (Tiempo de Retención Hidráulica), factor C (Temperatura) presenta diferencia significativa debido de su valor -P es menor que 0.05 ya que si influye los tipos de residuos recolectados para los biodigestores como también el tiempo de retención hidráulica sobre la temperatura para la producción de CH₄ con un 95,0% de nivel de confianza. Dicho esto, se resuelve que se rechaza la **H₀** para aceptar la **H₁** determinando finalmente que, si es viable la producción de electricidad a partir del biogás producido en Laguacoto II.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Del presente trabajo de investigación se determina las siguientes conclusiones:

- DeCH₄ y electricidad, en donde pudimos determinar que el mejor tratamiento fue T₁₆ los 12 tratamientos con sus tres repeticiones, el análisis ANOVA al 95,0% de confianza determinó que existe diferencia significativa por lo cual es viable producir.
- El mejor tratamiento escalado a nivel operacional de la planta, presenta una composición química promedio de 73.77% de CH₄ con un tiempo de residencia hidráulico de 30 días.
- El mejor tratamiento T₁₆ tiene un poder calorífico inferior (PCI) = 2640.85 MJ/m³ y ofrece una producción eléctrica de 2429.03 kWh/año y una potencia de 0.35 kWh/año
- La inversión ofrece utilidad a los 5 años tomando en cuenta el costo de implementación del biodigestor y el costo de un generador para transformar la energía mecánica a eléctrica con un total de \$235; comparado con el consumo de energía de una planta promedio de \$30 mensuales; la vida útil de un biodigestor construido con los materiales utilizados aproximado de 5 años.

5.2. Recomendaciones

- Una vez generado biogás con los residuos orgánicos del complejo agroindustrial se recomienda potencializar el área de recolección de los residuos orgánicos para poder dar mejor tratamiento y tener un análisis más completo y preciso.
- Se recomienda realizar un análisis continuó del biogás de los biodigestores instalados proceso se debe trabajar de mejor manera para potencializar el mismo
- En la presente investigación ha realizado el cálculo de la potencia y el poder calórico teóricamente; se recomienda la implementación de un generador de combustión interna.
- Se recomienda analizar los costos con otros tipos de materiales para construcción del biodigestor que aumentaran su vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

- Bolaños , B. (2019). *DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE BIOGÁS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA COMUNIDAD DE YURACRUCITO*. Ibarra - Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Castillo , B., & Loor, L. (2021). “*PROPUESTA DEL APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO EN COMUNIDAD DE ROSA BLANCA DEL CANTÓN SAN VICENTE-MANABÍ PARA SU APROVECHAMIENTO INTEGRAL EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS.*”. Guayaquil: Universidad de Guayaquil .
- Herrero, M. (2017). *Guía para el diseño, construcción, operación, mantenimiento, seguimiento y control de plantas de biogás de pequeña y mediana escala enfocadas al sector echeero en Chile*. Chile: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI.
- Herrero, M. (2019). *Biodigestores Tubulares: Guía de Diseño y Manual de Instalación.* . Ecuador: Redbiolac ISBN: 978-9942-36-276-6.
- Acosta , Y. Y., & Obaya Abreu, M. (2016). La Digestion Anaerobia. *ICIDCA*, 35-48.
- Acuña. (2015). *Diseño e implementación de un biodigestor para tratamiento de excreta de ganado de bovino*.
- Acuña Rubio, J. P. (2015). “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA EL TRATAMIENTO DE EXCRETAS DE GANADO BOVINO*”. Quito.
- Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables. (2022). Análisis y determinación del costo del servicio público de energía eléctrica. Obtenido de http://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/Informe-DRETSE-2022-045_Costos-SPEE-2023_Resol_018.pdf
- AL AIR LIQUIDE ESPAÑA, S. (2023). DQO. *Airliquide*, 20. Obtenido de Airliquide.
- Altamirano. (2017). Potencial de producción energética de biogás a partir de residuos pecuarios en la región La Libertad. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10012/Altamirano%20Barrio>.
- Alvarado, A. D. (2020). Efecto de dos métodos de secado en los compuestos fenólicos totales, L-DOPA y la actividad antioxidante de Vicia faba L.
- Alvarez , Y. (2019). *BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN EL CANTÓN SANTA ANA SITIO MONTE OSCURO*”. Jipijapa - Manabí – Ecuador : UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ.
- Arellano, L., Cruz, M., & Huerta, C. (2014). *El estiércol, material de desecho, de provecho y algo más*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/297760569_El_estiercol_material_de_desecho_de_provecho_y_algo_mas#:~:text=Se conoce como estiércol al,los humanos%2C también producimos excremento.&text=básicamente es de fibras y agua](https://www.researchgate.net/publication/297760569_El_estiercol_material_de_desecho_de_provecho_y_algo_mas#:~:text=Se%20conoce%20como%20esti%C3%A9rcol%20al,los%20humanos%20tambi%C3%A9n%20producimos%20excremento.&text=b%C3%A1sicamente%20es%20de%20fibras%20y%20agua).
- Arhoun, B. (2017). *Digestión y codigestión anaerobia de residuos agrícolas, ganaderos y lodos de depuradora*. Málaga: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga.

- Baculima, M., & Rocano, G. (2015). Estudio para la determinación de la producción de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del biogás de una granja porcina ubicada en la ciudad de azogues. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Bas, M. M. (2023). *Absorción química de CO₂ para la obtención de una corriente de metano, procedente del biogás generado en el proceso de digestión anaerobia de una depuradora de aguas residuales urbanas*. Universidad de Granada. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10481/82549>
- Bautista, J. I. (2020). Determinación de la materia orgánica del suelo (MOS) por el método químico y por calcinación.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson.
- Bernal, M. (2019). Producción de Biogás a partir de residuos orgánicos generados en el Hospital de Clínicas: Un estudio preliminar. Obtenido de http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1816-89492019000300053
- Bonifaz Rodríguez, C. T., & Morales Loor, H. R. (2017). *Diseño de un biodigestor tipo cúpula fija para generación de biogás a partir de desechos orgánicos*. Quito.
- Borja Velázquez, Martí; Gaibor Chavez, Juan; Niño Ruiz, Zulay; Meneses-Quelal, Orlando W.; (2018). Review of Mathematical Models for the Anaerobic Digestion Process. *CHAPTER METRICS OVERVIEW*, 9, 13. doi:10.5772/intechopen.80815
- Briseño, A. 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*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, México, México, México. Obtenido de <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/186/1/Produccion%20de%20biog%C3%A1s%20a%20traves%20de%20la%20codigesti%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20y%20semis%C3%B3lidos%20hacia%20una%20planta%20centralizada%20de%20biog%C3%>
- Cabrera, M. J. (2022). Fortalecimiento de la gestión de residuos sólidos en la Industria cárnica colombiana. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9127/FORTALECIMIENTO%20DE%20LA%20GESTI%C3%93N%20DE%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20EN%20LA%20INDUSTRIA%20C%C3%81RNICA%20COLOMBIANA%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caizaluisa, E. E. (2020). Evaluación de parámetros físicos y químicos de mezclas de agua residual de la Industria láctea y residuos orgánicos para la obtención de materia prima óptima para la producción de biogás. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18610/1/UPS%20-%20ST004524.pdf>
- Campuzano-Martínez. (2020). Diagnóstico de Generadores Eléctricos de Potencia con Técnicas de Monitoreo en Línea y Fuera de Línea.
- Canul, F. (2020). ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA MICROAIREACIÓN EN UN REACTOR ACIDOGÉNICO DE UN PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA CON CARBÓN GRANULAR EN DOS FASES Y BALANCE DE MASAS EN LA DISTRIBUCIÓN DE

CARBONO, NITRÓGENO Y FÓSFORO. Mérida Yucatán México: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

- Carvajal, P. (2021). Caracterización del poder calorífico de la biomasa residual de cacao CCN51 mediante procesos de gasificación anaerobio y termoquímico. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/614/61458109004/61458109004.pdf>
- Casanovas, G. (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Madrid: FAO ISBN: 978-92-5-131559-0.
- Castro, G. D. (2018). *Estudio bibliográfico del estado del arte de la digestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos y mejora del proceso mediante pretratamientos*. Universidad de Cádiz, Cádiz, Cádiz, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10498/20924>
- Céspedes. (20 de Enero de 2018). *industriapedia*. Obtenido de [industriapedia: https://industriapedia.com/](https://industriapedia.com/)
- Chacha, J. A. (2020). *Diseño De Una Planta De Tratamiento De Agua Residual Mediante Procesos Microbiológicos Combinados En La Tenería Díaz Cia*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14890/1/96T00608.pdf>
- Chakravarthy. (2019). Critical Considerations in Two Stage Anaerobic Digestion of Food Waste. *Energy Rev.*
- Champutiz, B. B. (2019). *Determinación del potencial de biogás para generación eléctrica en la comunidad de Yuracucito*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9966/2/04%20MEL%20075%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Chica, A., & Vaca, J. (2019). *Estudio de la cinética química para la obtención de biogás a partir de desechos orgánicos (residuos de frutas no cítricas y estiércol vacuno) para la validación del diseño y operatividad de un biodigestor didáctico anaerobio*. Guayas: Universidad de Guayaquil.
- Citipedia Bolívar. (2019). Obtenido de https://www.citipedia.info/region/general/Ecuador_Bol%C3%ADvar_lang_es
- Cruz, E. J. (01 de Enero de 2023). Characterization and modeling of microbial growth in the development of a non-dairy probiotic drink made from tarwi plant extract (*Lupinus mutabilis* S.). pág. 8. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572023000100041
- Curiazi, R. (2019). Dinámica sociopolítica, notas para una realidad en Ecuador: proyecto hidroeléctrico San José del Tambo "Hidrotambo" de la Provincia Bolívar. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/8858>
- Curilla, E. (2022). Efecto del lactosuero en la producción del biogás y las características del bioabono y biol utilizando estiércol de vacuno en un biodigestor Batch en Sicaya. Huancayo: Universidad Continental.
- Díaz, F. A. (2019). Análisis de la Integración de Bolivia a los acuerdos de Interconexión Eléctrica con los Países Andinos. Obtenido de

<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2954/1/T1047-MELA-Plazas-An%C3%A1lisis.pdf>

- Durazno. (2018). *Valoración Del Estiércol Bovino y Porcino En La Producción De Biogás En Un Biodigestor De Producción Por Etapas*. Cuenca. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Durazno Coronel, A. (2018). *"Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas"*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15445/1/UPS-CT007585.pdf>
- Duval, M. (2020). Aprovechamiento de un residuo derivado de la producción de aceite de soja: efecto sobre las propiedades edáfica. Obtenido de <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5079/Ruiz%2C%20Manuel%20Trabajo%20de%20Intensificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duval, M. (2020). *APROVECHAMIENTO DE UN RESIDUO DERIVADO DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE SOJA: EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES EDÁFICAS*. Universidad Nacional del Sur.
- Endesa. (2020). *Centrales de biomasa y sus tipos*.
- ENERGÍA, I. P. (2017). *Biomasa: digestores anaerobios*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica ISBN: 978-84-96680-21-0.
- Escobar, R. M. (2021). *Acondicionamiento del sensor de pH y temperatura para realizar titulaciones potenciométricas*.
- Escobar, S. (2018). *Estudio de factibilidad de la etapa hidrológica para la Implementación de una represa en la quebrada santa lucia Del sector san josé - la dolorosa del cantón tisaleo; Provincia de tungurahua*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28985/1/Tesis%201276%20-%20Guano%20Escobar%20Jenny%20Susana.pdf>
- España, G. d. (1 de Enero de 2023). *prtr*. Obtenido de prtr: <https://prtr-es.es>
- Espinosa, E. (2020). *ESTUDIO CINÉTICO POR ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO EN LA DEGRADACIÓN TÉRMICA EN RESIDUOS DE CÁSCARA DE NARANJA, GENERADOS EN EL CANTÓN CALUMA*". Riobamba-Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Espitia, G., & Ruiz, N. (2022). *DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE DIGESTION ANAEROBIA EN DOS FASES PARA LA OBTENCION DE BIOGAS MEDIANTE RESIDUOS CITRICOS*. BOGOTÁ D.C.: FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA.
- FAO. (2011). *Manual de Biogas*. MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF, Santiago de Chile, Chile. Obtenido de <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Fernandez , O. (2017). *Cultivos de Bacterias*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, San Juan Bosco. Obtenido de <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/microgeneral/wp-content/uploads/2017/02/04-CULTIVO-DE-BACTERIAS.pdf>
- Fernandez, C., Martinez, E., & Moran , A. (2016). *Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno*. ION 29(1). ISSN: 0120-100X.

- Florez, M. (2022). FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA INDUSTRIA CÁRNICA COLOMBIANA. BARRANQUILLA, ATLÁNTICO: UNIVERSIDAD DE LA COSTA - CUC.
- Freire, D. E. (2019). Sistema de Automatización de las E/S de tensión para optimizar los servicios de las Subestaciones de la Corporación Nacional de Electricidad Regional Bolívar. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2383/1/Tesis_t733ec.pdf
- García Posada, A. y. (2019). Construcción de un biodigestor para generar energía renovable a partir de desechos orgánicos en el campo de pacto Ecuador. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwid7sv5n4OCAxWZlGoFHe-mDbUQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.usfq.edu.ec%2Findex.php%2Fseferas%2Farticle%2Fdownload%2F2426%2F3308%2F22584&usg=AOvVaw0An7YstAiRDemt9>
- García, M. (2020). Determinación de sólidos totales, suspendidos, Sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de Oxidación situadas en la parroquia Colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí. Obtenido de <http://repositorio.utm.edu.ec:3000/server/api/core/bitstreams/90e55861-834e-49a7-9ae5-0e3a0304a5af/content>
- Gelbero, T. (2019). *American biogas council*.
- Gerardi, M. (2017). *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. Hoboken: Wiley Interscience.
- Gutiérrez, H., & Román, S. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. Ana Laura Delgado R. doi:ISBN segunda edición: 978-607-15-0315-2
- Hadi et al. (2019). Challenges and An Implementation Framework for Sustainable Municipal Organic Waste Management Using Biogas Technology in Emerging Asian Countries. *Sustainability* 11, 1-28.
- Hernandez, W. (2013). *TUTORIAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON BIOGAS USANDO AGUAS SERVIDAS*. MEDELLIN.
- Hernandez, F. (2015). *Producción de biogás con suero de queso: tratamiento y generación de energía renovable a partir de lactosuero*.
- Hidalgo, W. (2019). Evaluación del potencial energético de la biomasa, para el aprovechamiento de la generación de gas metano (CH₄), en la granja avícola Cynthia Elizabeth de la ciudad de Pujilí. Propuesta de diseño de un biodigestor.
- Huahuilque, M. Y. (2020). *Estudio del arte sobre la producción de biogás mediante la digestión anaerobia como parte del aprovechamiento de la biomasa residual pecuaria*. Universidad Peruana Union. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3415>
- Idea. (2017). Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. *Biomasa-Digestores anaerobios BESEL*, 5-12.
- Llumiquinga, N. (2022). *Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería*. AMBATO-ECUADOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Lopez. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. ISBN. doi:9781780409139

- Lopez Ruiz , A., Flotats, X., & Fernandez, B. (2019). *Análisis de la dinámica del nitrógeno en un sistema continuo acoplado contactor de membrana hidrofóbica/ reactor anaerobio*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89206/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, J. (2021). *Tipos de Pinzas de Laboratorio. OBRE PINZAS DE LABORATORIO*.
- Macas, K. (2019). Biodigestores una solución energética para la población Rural. Uso del biogás en un caso de estudio. Obtenido de <https://repositorio.flacoandes.edu.ec/bitstream/10469/9651/2/TFLACSO-2016KIPM.pdf>
- Macias, C. A. (2020). *Diseno de un sistema piloto de tratamiento de desechos urbanos para un mercado de tranferencia de viveres*. Escuela Superior Politecnica del litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/44534/1/D-CD88634.pdf>
- Marco Lorente, P. A. (2019). *Digestión anaerobia de azúcares reductores para obtención de biocombustibles*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Zaragoza, España. Obtenido de core.ac.uk/download/pdf/290002341.pdf
- Martha, M. (septiembre de 2019). Determinación de la curva de crecimiento microbiano. pág. 8. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2019000200011
- Marti, J. (2019). Biodigestores Tubulares: Guía de Diseño y Manual de Instalación. Ecuador: Redbiolac ISBN: 978-9942-36-276-6.
- Martinez, D. J. (2020). *Estudio para la produccion de biogas a partir de residuos organicos de Bufalo mediante la biodigestion en el municipio de rionegro, santander*. Universidad Autonoma de Bucaramanga, Bucaramanga. Obtenido de <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/12005>
- McGeehan, & Luke. (2013). *Throwing Out the Trash: Waste to Energy In New York City An Analysis of Environmental Justice and NIMBY Concerns*. Columbia University.
- Meegoda, j., & Li. (2018). “*Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion,*”.
- Mendieta Orellana, L. (2020). *EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE CASCARILLA DE ARROZ CON ALTO CONTENIDO DE ZINC*. Quito, Ecuador: Escuela Rolitecnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20908/1/CD%2010420.pdf>
- Merino, O. (2018). Hidrólisis y fermentación de materiales lignocelulósicos con hansenula polymorpha. Obtenido de <https://ruja.ujaen.es/jspui/bitstream/10953/1112/1/TESISDOCTORALCONANEXOS.pdf>
- Molina, Mario, Sarukhán, J., & Carabias, J. (2017). *El cambio climático. Causas,efectos y soluciones*. México: FCE, SEP, Conacyt. .
- Monica, R. (2020). Control y gestión de energía en sistemas de potencia con fuentes renovables. Obtenido de <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/21164/Tesis%20Doctoral%20Control%20y>

%20Gesti%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20en%20sistemas%20de%20potencia%20con%20fuentes%20renovables.%20Mauro%20Patrone.Patrone.pdf?sequence=3

- Moreno, W. (2020). PRODUCCIÓN DE BIOGÁS UTILIZANDO BIOMASA RESIDUAL PECUARIA CON FIBRA VEGETAL Y ENRIQUECIDA CON LACTOSUERO, COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO. Ambato – Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Murgueytio, M., & Pacheco, A. (2021). *Desarrollo de un modelo basado en el individuo para la producción de metano e hidrógeno a partir de los lodos residuales provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Navarro, R. (2016). OBTENCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DE PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL”. Universidad de la Laguna.
- NU. CEPAL. (2018). Contribución de los servicios energéticos a los objetivos de desarrollo del milenio y a la mitigación de la pobreza en América Latina y el Caribe. *CEPAL*.
- Palacios, A. X. (2020). *En un proyecto titulado Evaluación de un efluente líquido obtenido mediante biodigestores con diferentes tiempos de retención hidráulica (TRH)*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30907>
- Pazmiño, J. S. (2020). Proyecto de inversión para el suministro de electricidad en la comunidad facundo vela provincia de bolívar, mediante soluciones individuales de equipos fotovoltaicos. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6892/4/Tesis%20JQuinaluisa%2C%20JPazmi%C3%B1o.pdf>
- Perez, L. (2021). *PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE BIOGAS EN UN BIODIGESTOR USANDO ESTIERCOL DE VACA EN EL CANTÓN MILAGRO*. MILAGRO – ECUADOR: UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Planas, O. (20 de 05 de 2019). *Energía solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad>
- Porta., Á. (2017). Plantas de biogás en explotaciones ganaderas. *ECOLOGIC BIOGAS*.
- Poveda, S. D. (2019). Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra.
- Quesada, R. (2021). Generación de energía eléctrica a partir de biogas. *Tierra Tropical*. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46207624/>
- Ramírez, S. (2019). provechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) y residuos de papa (*Solanum tuberosum*) para la producción de *Trichoderma* spp. Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Ramirez, S. L., & Quijano, S. D. (2020). *Determinación de la factibilidad de los residuos orgánicos producidos por los cultivos de plátano en el uso como co-sustrato con excretas porcinas para la generación de biogás*. Universidad Santo Tomás Villavicencio, Villavicencio. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/27908/9/2020dianaquijano.pdf>
- Rangel, R. J. (2021). Identificación de las condiciones físico-químicas de un biodigestor anaerobio y de los lodos que se generan en la producción de biogás a partir de residuos orgánicos domésticos. Obtenido de

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/23886/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Reyes. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (24), 60–81.
- Rico, J. (2019). Solo se aprovecha el dos por ciento del potencial mundial de producción de biogás. *Energías renovables*. El periodismo de las energías limpias.
- Rodríguez, H. (29 de Enero de 2023). *Fundamentos Teóricos*. Obtenido de Ingemecanica: https://ingemecanica.com/tutoriales/poder_calorifico.html
- Rodriguez, M. (2022). Introduccion de sistema de captura de biogas en relleno sanitario de la ciudad de Portoviejo. *Scielo*, 43(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012022000200090
- Rodriguez, O. D. (2022). *Estudio del efecto del suero en la producción de metano en un digestor anaerobio a escala de laboratorio*. Universidad de antioquía. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10495/30309>
- Rodríguez, R. (2019). Generación de biogás a partir de subproductos y efluentes líquidos de la industria de cerveza artesanal mediante digestión anaerobia. Obtenido de <https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/1327/1/PFI%203IA%202019%20KFE.pdf>
- Rojas, R. C., & Contreras, L. H. (2018). *Determinación del potencial de biogás de diferentes sustratos para la codigestin anaerobia con excretas animales*. Universidad Santo Toma de Villavicencio, Villavicencio. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22656/Documento%20de%20Trabajo%20N%20c2%b0%20S01.%20Determinacio%cc%81n%20del%20potencial%20de%20bioga%cc%81s%20de%20diferentes%20sustratos%20para%20la%20codigestion%20anaerobia%20con%20excretas%20animal>
- Romero, M. (2020). Control y gestión de energía en sistemas de potencia con fuentes renovables. Obtenido de <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/21164/Tesis%20Doctoral%20Control%20y%20Gesti%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20en%20sistemas%20de%20potencia%20con%20fuentes%20renovables.%20Mauro%20Patrone.Patrone.pdf?sequence=3>
- Ruiz, J. M. (2019). *Proyecto técnico con enfoque general: Valoración de la producción de energía eléctrica a partir del biogás que se genera en el relleno sanitario ceibales de la ciudad de Machala*. Universidad Politécnica salesiana sede cuenca, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18166/1/UPS-CT008634.pdf>
- Saavedra, P. (2021). Multímetro como sistema de medición alternativo en las valoraciones potenciométricas.
- Sáez, M. R. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992022000200100
- Sanchez, A. (23 de 11 de 2018). *Universitat Autònoma de Barcelona*. Obtenido de Universitat Autònoma de Barcelona: <https://www.uab.cat>

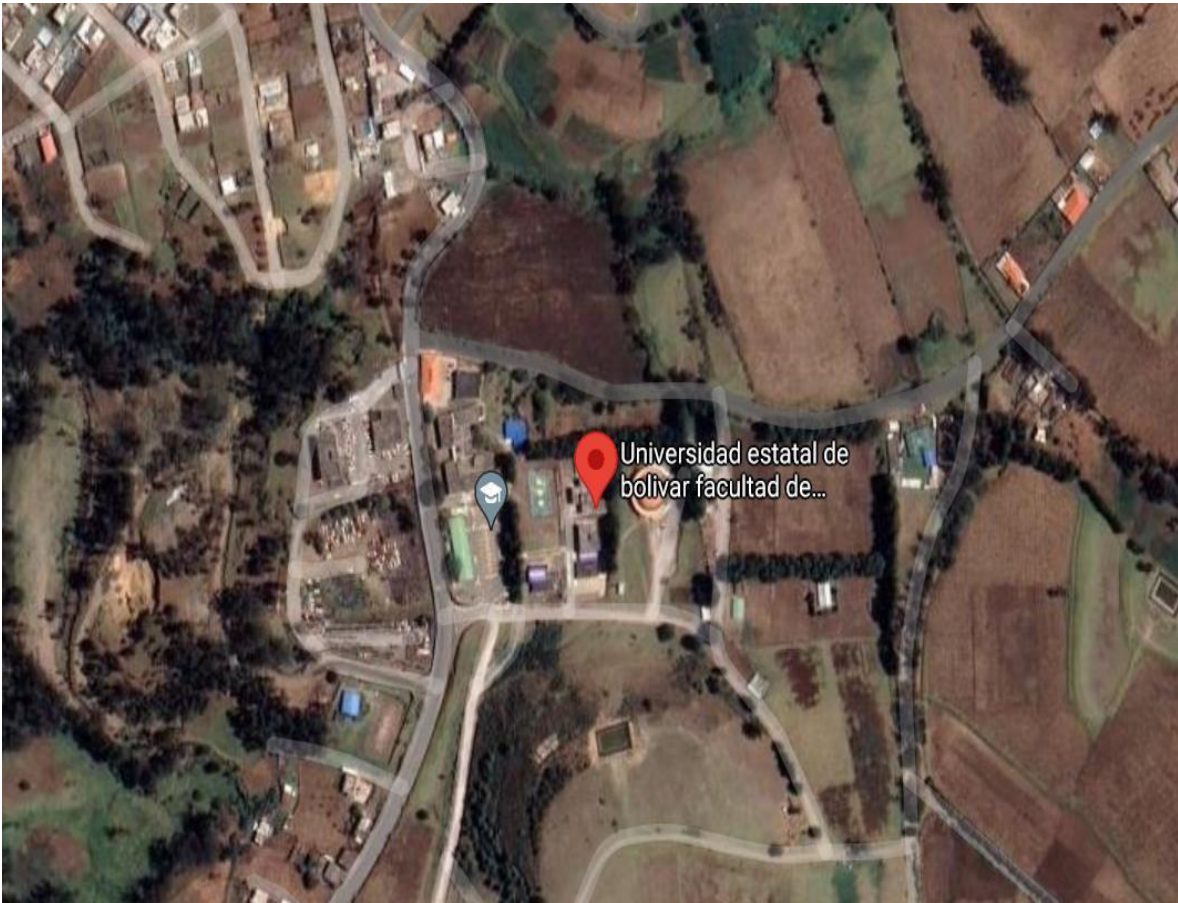
- Sánchez, I. (2022). Estado del arte de los biopreparados por digestión anaerobia como biofertilizantes y bioestimulantes. *Ingeniería Agrícola*, vol. 12, núm. 4, e07.
- Sánchez, R. (2023). Caudalímetros para biogas. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/caudal%C3%ADmetros-para-biog%C3%A1s-%C3%A1->
- Sares, L. C. (2019). Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14370/1/Cap.2%20El%20balance%20de%20materia.pdf>
- Saunders, A. (2018). Usos del Biogas. *Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA)*.
- Segovia, F. (2018). Caracterización y cuantificación de las poblaciones de bacterias y arqueas presentes en digestores anaerobios de EDAR. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/114348/TFM%20Esmeralda%20Segovia%20a pp.pdf>
- Solórzano, R. (2020). Ecuaciones de niveles de humedad relacionada a la densidad básica de la madera de especies forestales tropicales en Madre de Dios, Perú. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-25042020000100033
- Soria, M. Y. (2021). *Diseño de un reactor para la obtención del metano a partir de la síntesis del dióxido de carbono producidos en la combustión*. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Obtenido de <http://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/4294>
- Sosa, M. (2015). *Parámetros de control y monitoreo del proceso en digestores anaerobios de pequeña escala y diferentes tecnologías*. Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Soto, E. (2019). Una mirada crítica a las consideraciones preanalíticas de gases .
- Sumere, J. (2021). Barras de Cereales Preparados a partir de Residuos de Fabricación Jugo de Arándano. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872015000200004&lng=es&tlng=pt
- Syvitski, J., Waters, C., & Day, J. (2020). Extraordinary human energy consumption and resultant geological impacts beginning around 1950 CE initiated the proposed Anthropocene Epoch. *energy*.
- Tobon. (2018). *Análisis de los posibles factores que dificultan la implementación de biodigestores tipo tubular y cúpula flotante en las zonas rurales y urbanas de la región norte de Colombia*. Obtenido de New England Journal of Medicine, 372(2): <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556065> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC394507> <http://dx.doi.org/10.1016/j.humphath.2017.05.005> <https://doi.org/10.1007/s00401-018-1825-z> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931>.
- Tomal, V. (2019). Estudio del funcionamiento de un biodigestor para la Disminución de residuales contaminantes en la granja Porcicola "san Luis" ubicada en la comuna el tambo, canton Santa Elena, provincia de santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6313/1/UPSE-TIA-2021-0045.pdf>

- Torres, C. (2022). Análisis comparativo nutricional del tomate (*Solanum lycopersicum*) y mora (*Rubus ulmifolius*) de origen orgánico y agroquímico. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36533/1/CAL%20012.pdf>
- Tovar, C. D. (2016). *Valoración Biotecnológica de residuos Agrícola y Agroindustriales*. Cali: Bonaventuriana.
- Vallejo, C. N. (2018). *Codigestión de los residuos sólidos de la industria citrícola en un digestor Anaerobio a nivel piloto*. Instituto Tecnológico de Orizaba, Mexico. Obtenido de <http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/handle/123456789/316>
- Vargas, A. (2020). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. Obtenido de <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb>
- Vargas, Y. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72. Obtenido de <https://doi.org/10.18359/issn.1900-4699>
- Vargas, Y., & Perez, L. (2018). APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 2-14.
- Varnero, M. (2011). *MANUAL DE BIOGÁS*. Chile: MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF ISBN 978-95-306892-0 .
- Vega, D., & Silva, F. (2020). *ESTUDIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS vORGÁNICOS DE BÚFALO MEDIANTE LA BIODIGESTIÓN EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO, SANTANDER*. BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA (UNAB).
- Villacreses, D., & Feijoo, V. (2020). GENERACIÓN DE GAS METANO MEDIANTE LA CODIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y BIOMASA DE LA CIUDAD DE MACHALA. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Zabaleta, R. S. (2018). Diseño de un biodigestor tubular para zonas rurales de la región de piura. *Simposio Peruano de energía solar y del ambiente*, 13(7), 13-17. Obtenido de https://perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael_biodigestor.pdf

ANEXOS

Anexo 1.

Ubicación de la investigación



Anexo 2.*Combinaciones de los 12 tratamientos con tres repeticiones*

N°	Combinaciones	Residuos Agroindustriales	THR	Temperatura	CH4
1	a1b1c1	10+90	15 días	15°C	70,3
2	a1b1c2	10+90	15 días	20°C	71,1
3	a1b2c1	10+90	30días	15°C	74,6
4	a1b2c2	10+90	30días	20°C	74,8
5	a2b1c1	20+80	15 días	15°C	63,9
6	a2b1c2	20+80	15 días	20°C	63,8
7	a2b2c1	20+80	30días	15°C	65,3
8	a2b2c2	20+80	30días	20°C	65,8
9	a3b1c1	30+70	15 días	15°C	58,7
10	a3b1c2	30+70	15 días	20°C	58,8
11	a3b2c1	30+70	30días	15°C	59,1
12	a3b2c2	30+70	30días	20°C	59,1
13	a1b1c1	10+90	15 días	15°C	70,2
14	a1b1c2	10+90	15 días	20°C	71,2
15	a1b2c1	10+90	30días	15°C	74,5
16	a1b2c2	10+90	30días	20°C	74,7
17	a2b1c1	20+80	15 días	15°C	63,9
18	a2b1c2	20+80	15 días	20°C	63,8
19	a2b2c1	20+80	30días	15°C	65,3
20	a2b2c2	20+80	30días	20°C	65,8
21	a3b1c1	30+70	15 días	15°C	58,7
22	a3b1c2	30+70	15 días	20°C	58,8
23	a3b2c1	30+70	30días	15°C	59,1
24	a3b2c2	30+70	30días	20°C	59,1
25	a1b1c1	10+90	15 días	15°C	70,2
25	a1b1c2	10+90	15 días	20°C	71,2
27	a1b2c1	10+90	30días	15°C	74,6
28	a1b2c2	10+90	30días	20°C	74,7
29	a2b1c1	20+80	15 días	15°C	63,9
30	a2b1c2	20+80	15 días	20°C	63,7
31	a2b2c1	20+80	30días	15°C	65,4
32	a2b2c2	20+80	30días	20°C	65,7
33	a3b1c1	30+70	15 días	15°C	58,8
34	a3b1c2	30+70	15 días	20°C	58,9
35	a3b2c1	30+70	30días	15°C	59,2
36	a3b2c2	30+70	30días	20°C	59,3

Anexo 3.

Análisis elemental de la mezcla del material experimental



CAMACHO & CIFUENTES
ECUDYVENG CIA. LTDA.
 INF-AA-(LabCC01)-2023-011

TABLA No. 6.1
MONITOREO Y ANÁLISIS DE EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIALES
 ACUERDO MINISTERIAL 097-A, ANEXO 1: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:
 RECURSO AGUA;
 TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA

CÓDIGO DE MUESTRA: LI - 033 - 23					
PARÁMETRO	UNID.	RESULTADOS DE ANÁLISIS	LÍMITE DE NORMA	OBSERV.	MÉTODO DE ANÁLISIS
FECHA MONITOREO	A/M/D	2023/04/17		MUESTREO COMPUESTO	PROCESO DE LIXIVIACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA
pH		6,0	$6 < pH < 9$	CUMPLE	APHA 4500 H+B
CALCIO	mg/l	292,8	---	---	APHA 3111 B
CINC	mg/l	0,39	2	CUMPLE	APHA 3111 B
CLORUROS	mg/l	600	4-10 meq/l	Requiere transformación	APHA 4500 Cl B
COBRE	mg/l	0,13	0,2	CUMPLE	APHA 3111 B
CROMO TOTAL	mg/l	< 0,04	0,1	CUMPLE	APHA 3111 B
CROMO HEXAVALENTE	mg/l	< 0,025	0,1	CUMPLE	HACH 90
DBO5	mgO ₂ /l	1158	---	---	APHA 5210 B
DQO	mgO ₂ /l	5855	---	---	MERCK 28, 29, 112, 132
MAGNESIO	mg/l	150,0	---	---	APHA 3111 B
NITRÓGENO TOTAL	mg/l	325,0	---	---	MERCK
POTASIO	mg/l	706,0	---	---	APHA 3111 B
SODIO	mg/l	77,9	3-9 meq/l	Requiere transformación	APHA 3111 B
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	4345	---	---	APHA 2540 C

Anexo 4.

Determinación de humedad de residuos de cereal

Norma Técnica Ecuatoriana	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE GRASA	INEN 523 1980-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de grasa o extracto etéreo en harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;">2. RESUMEN</p> <p>2.1 El contenido de materia grasa es extraído de una muestra de harina de origen vegetal mediante un solvente orgánico.</p> <p style="text-align: center;">3. INSTRUMENTAL</p> <p>3.1 Estufa, con regulador de temperatura, ajustado a $100 \pm 5^\circ\text{C}$.</p> <p>3.2 Desecador, con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.</p> <p>3.3 Aparato de extracción, tipo Soxhlet u otro similar.</p> <p>3.4 Plancha eléctrica de calentamiento.</p> <p>3.5 Pinces.</p> <p>3.6 Dedal de Soxhlet de porosidad adecuada.</p> <p>3.7 Vaso de precipitación.</p> <p>3.8 Espátula de acero inoxidable.</p> <p>3.9 Balanza analítica, sensible al 0,1 mg.</p> <p style="text-align: center;">4. REACTIVOS</p> <p>4.1 Eter anhidro. Preparar lavando éter etílico comercial con dos o tres porciones de agua; agregar hidróxido de sodio o hidróxido de potasio sólidos y dejar en reposo hasta que toda el agua sea extraída del éter. Transferir a un frasco que previamente ha sido limpiado con cuidado y agregar pequeños pedazos de sodio metálico; cuando ya no se observe desprendimiento de hidrógeno, guardar el éter deshidratado sobre sodio metálico en el mismo frasco, sin ajustar la tapa.</p> <p>4.2 Arena purificada con ácido y calcinada, con un tamaño de grano entre 0,1 y 0,3 mm.</p>		

Anexo 5.

Requisitos para determinar humedad en lactosuero

CDU: 637.142 ICS: 67.100.99	INEN	CIU: 3112 AL 03.01-448
Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	SUERO DE LECHE LÍQUIDO. REQUISITOS.	NTE INEN 2594:2011 2011-08
Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Cañilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E4-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción	<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el suero de leche líquido, destinado a posterior procesamiento como materia prima o como ingrediente.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica al suero de leche líquido, para uso en la industria alimenticia y otras como: higiene, cosméticos, farmacéutica. No se permite el uso, del suero de leche, en los productos lácteos en los que la norma pertinente lo considere como adulterante.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Suero de leche</i>. Es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche pasteurizada y/o los productos derivados de la leche pasteurizada. La coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo.</p> <p>3.1.2 <i>Suero de leche ácido</i>. Es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada después de la coagulación de la leche pasteurizada y/o los productos derivados de la leche pasteurizada. La coagulación se produce, principalmente, por acidificación química y/o bacteriana.</p> <p>3.1.3 <i>Suero de leche dulce</i>. Es el producto definido en 3.1.2, en el cual el contenido de lactosa es superior y la acidez es menor a la que presenta el suero de leche ácido.</p> <p>3.1.4 <i>Suero de leche concentrado</i>. Es el producto líquido obtenido por la remoción parcial de agua de los sueros, mientras permanecen todos los demás constituyentes en las mismas proporciones relativas.</p> <p style="text-align: center;">4. CLASIFICACIÓN</p> <p>4.1 Dependiendo de su acidez y del contenido de lactosa, el suero de leche líquido, se clasifica en:</p> <p>4.1.1 <i>Suero de leche ácido</i></p> <p>4.1.2 <i>Suero de leche dulce</i></p> <p style="text-align: center;">5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS</p> <p>5.1 El suero de leche líquido, destinado a posterior procesamiento debe cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura, y provenir de productos que hayan utilizado leche pasteurizada para su elaboración.</p> <p>5.2 No debe contener sustancias extrañas a la naturaleza del producto y que no sean propias del procesamiento del queso.</p> <p>5.3 Los límites máximos de plaguicidas no deben superar los establecidos en el Codex Alimentarius CAC/ MRL 1 en su última edición.</p> <p>5.4 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios no deben superar los establecidos en el Codex Alimentario CAC/MRL 2 en su última edición.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continua)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, otros productos lácteos, suero de leche líquido, requisitos.</p>	

Anexo 6.

Requisitos para determinar cenizas y humedad en cárnicos



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

FE DE ERRATAS
(2011-01-13)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 338:2010
Segunda Revisión

CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. PRODUCTOS CÁRNICOS CRUDOS, PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS-MADURADOS Y PRODUCTOS CÁRNICOS PRECOCIDOS-COCIDOS. REQUISITOS.

Primera Edición

MEAT AND MEAT PRODUCTS. RAW MEAT PRODUCTS, CURED MEAT PRODUCTS AND PARTIALLY COOKED - COOKED MEAT PRODUCTS. SPECIFICATIONS.

First Edition

En la página 7, Tabla 10

Dice:

TABLA 10. Requisitos microbiológicos para productos cárnicos cocidos

REQUISITOS	n	c	m	M	METODO DE ENSAYO
Aerobios mesófilos,* ufc/g	5	1	5,0x10 ³	1,0x10 ⁷	NTE INEN 1529-5
Escherichia coli ufc/g*	5	0	< 3	-	NTE INEN 1529-8
Staphylococcus* aureus, ufc/g	5	1	1,0x10 ³	1,0x10 ⁶	NTE INEN 1529-14
Salmonella/ 25 g**	10	0	ausencia		NTE INEN 1529-15

* Requisitos para determinar tiempo de vida útil
** Requisitos para determinar inocuidad del producto

Debe decir:

TABLA 10. Requisitos microbiológicos para productos cárnicos cocidos

REQUISITOS	n	c	m	M	METODO DE ENSAYO
Aerobios mesófilos,* ufc/g	5	1	5,0x10 ³	1,0x10 ⁷	NTE INEN 1529-5
Escherichia coli ufc/g*	5	0	< 10	-	NTE INEN 1529-8
Staphylococcus* aureus, ufc/g	5	1	1,0x10 ³	1,0x10 ⁶	NTE INEN 1529-14
Salmonella/ 25 g**	10	0	ausencia		NTE INEN 1529-15

* Requisitos para determinar tiempo de vida útil
** Requisitos para determinar inocuidad del producto

DESCRIPTORES: Industrias alimentarias, alimentos animales, productos cárnicos, requisitos.
AL 03.02-403
CDU: 637.5
CIIU: 3111
ICS: 67.120.10

Anexo 7.

Recolección, pesado y mezclado de los residuos agroindustriales del complejo Agroindustrial.

	
Recolección de Residuos Agroindustriales	Pesado de los Residuos

Anexo 8.

Determinación de humedad residuos agroindustriales (cárnicos, lácteos, cereales).

	
Estufa	Determinación de humedad

Anexo 9.

Determinación de cenizas residuos agroindustriales (cárnicos, lácteos, cereales).



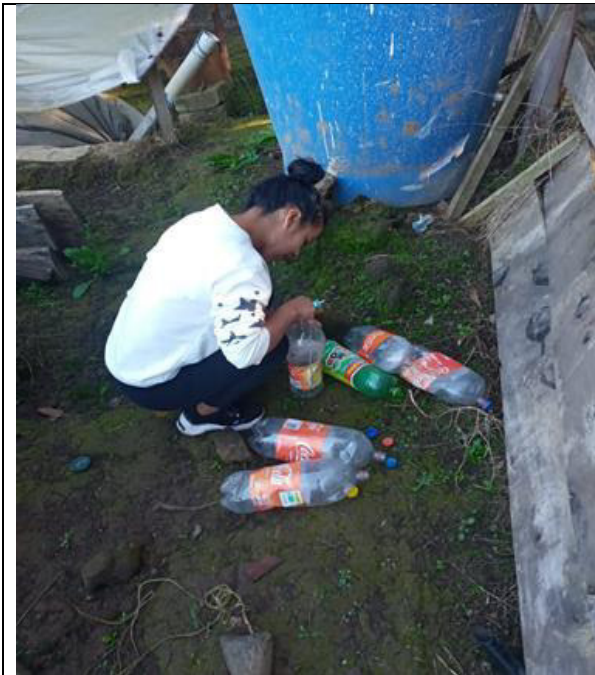
Mufla





Determinación de Cenizas

Anexo 10.

Producción de biogás a pequeña escala



Implementación de botellas PVC 3L.	Colocación de la mezcla experimental según cada tratamiento
	
Control de los tratamientos a una temperatura de 20°C	Control de los tratamientos a una temperatura de 15°C

Anexo 11.

Proceso de instalación de los tres mejores tratamientos en campo.





Armado del biodigestor



Pruebas pre instalación para evitar fugas



Tanque de reserva



Carga de la materia orgánica

Anexo 12.

Filtro de retención sulfuro de hidrogeno y vapor de agua



Construcción del Filtro



Instalación del Filtro

Anexo 13.

Mediciones de los compuestos de Biogás



Equipo medidor de gases (Gasómetro) GA 5000(geotech).

Calibración del equipo previo a medir el gas CH₄



Asesoramiento del técnico encargado del equipo para un buen funcionamiento



Medición diaria del gas CH₄ de cada tratamiento por 21 días

Glosario de términos técnicos

Biodigestor: contenedor en el cual se produce la degradación anaeróbica (digestión anaeróbica) de la materia orgánica, conocido también como digestor, reactor o fermentador (Herrero M. , 2017).

Digestión Anaerobia: Es una serie de procesos biológicos en los que los microorganismos descomponen el material biodegradable en ausencia de oxígeno. Uno de los productos finales es el biogás, que se quema para generar electricidad y calor, o puede procesarse en gas natural renovable y combustibles de transporte (Gelbero, 2019).

El biogás: Es la mezcla de gases liberados durante el proceso de digestión anaeróbica de sustancias biodegradables bajo la acción de bacterias anaeróbicas facultativas y obligatorias (Alvarez , 2019).

PCS: El poder calorífico superior (PCS) se define cuando todos los elementos que intervienen en la reacción de combustión (combustible y aire) son tomados a 0 °C y los productos resultantes (gases de la combustión) son llevados también a 0 °C. Por tanto, el vapor de agua que se genere se encontrará totalmente condensado, es decir, ha cambiado de fase. Por tanto, en este caso también habrá que contabilizar el calor desprendido en el cambio de fase de vapor de agua a agua líquida. El PCS también es llamado poder calorífico neto (Rodríguez H. , 2023).

PCI: El poder calorífico inferior (PCI) se define suponiendo que el vapor de agua contenido en los gases resultante de la combustión no condensa, es decir, el agua resultante no cambia de fase y se desprende en forma de vapor. Por tanto, en este caso hay una parte del calor generado que se gasta para llevar a cabo la condensación del agua en forma de vapor (Rodríguez H. , 2023).

Desulfuración: Es la eliminación de azufre o compuestos de azufre (como el carbón o los gases de combustión), principalmente de los combustibles. El proceso de desulfuración más comúnmente requerido es el del gas natural, pero también se requiere para el gas de combustión, el carbón y el petróleo.

El azufre en el petróleo crudo, el gas natural, el gas de proceso y los líquidos de gas natural (GNL) puede adoptar muchas formas, incluido el sulfuro de hidrógeno (H₂S), sulfuro de carbonilo (COS), óxidos de azufre (SO_x) y toda la familia de los mercaptanos. (Céspedes, 2018)

Digestato: Es el material residual que se genera a partir de la digestión anaeróbica, un proceso utilizado para obtener energía de la materia orgánica de los residuos urbanos (Sanchez, 2018)

DQO: La DQO es un parámetro esencial en el tratamiento de aguas y saneamiento. Representa la cantidad de oxígeno necesario para descontaminar el agua procedente de grandes ciudades, de viviendas individuales, de aguas pluviales, del alcantarillado o de fosas sépticas). (AL AIR LIQUIDE ESPAÑA, 2023)

Metano: El metano es el hidrocarburo saturado de cadena más corta que existe. Su fórmula química es CH₄, en la que cada uno de los átomos de hidrógeno está unido a un átomo de carbono a través de un enlace covalente.

Es una sustancia incolora y no polar, que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias, y se caracteriza por su baja solubilidad en fase líquida y elevada persistencia en la atmósfera. (España, 2023)

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS_BIOGAS_17-11-2023.docx

AUTOR

Agualongo Caiza Geoconda Natal LLanos Garcia Carla Elizabeth

RECUENTO DE PALABRAS

20613 Words

RECUENTO DE CARACTERES

118130 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

119 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.4MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 1, 2023 9:31 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 1, 2023 9:33 AM GMT-5

● **3% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 3% Base de datos de publicaciones

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados



Handwritten signature: *Francisco...*
Handwritten ID number: 0201668043