	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/135

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): HELISAURA APELLIDOS: SOTO MENDEZ

NOMBRE(S): ZARECK LINELLY APELLIDOS: RINCÓN CARRASCAL

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MARIBEL APELLIDOS: GÓMEZ PEÑARANDA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL ECOPARQUE DE COMFANORTE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER EN CONVENIO CON ASEO URBANO.

### RESUMEN

Debido a la alta generación de residuos (R) en la actualidad se ha tratado de buscar soluciones a los impactos ambientales ocasionados por estos, una de las alternativas es la digestión anaerobia con residuos orgánicos (RO) para la producción de biogás, el objetivo del estudio fue evaluar el potencial de los RO generados en el Ecoparque de Comfanorte (Norte de Santander-Colombia) para la producción de biogás como alternativa de aprovechamiento. Se evaluaron cuatro tratamientos (74 días con temperatura no controlada) cada uno por triplicado incluyendo el testigo, para un total de doce unidades experimentales; los tratamientos(T) se formularon de la siguiente manera: T1 estiércol (15%), agua (75%), R comida (5%) y podas (5%); T2 estiércol (15%), agua (75%) y R comida (10%); T3 estiércol (15%), agua (75%), y podas (10%);y testigo T4 estiércol (25%) y agua (75%); se obtuvo que el tratamiento con mayor producción de biogás fue el T3 con un porcentaje de metano del 66%, encontrándose dentro del rango (50%-70%) CH<sub>4</sub>, óptimo para ser aprovechado. Concluyendo que los residuos orgánicos generados en el Ecoparque de Comfanorte, si producen biogás con la calidad óptima utilizando la mezcla del tratamiento T3.

PALABRAS CLAVE: biogás, aprovechamiento, digestión anaerobia, residuos orgánicos, metano.

### CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS 135 TABLAS 28 FIGURAS 39 CD ROOM 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/05/2018	Fecha	25/05/2018	Fecha	25/05/2018

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN  
EL ECOPARQUE DE COMFANORTE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS COMO  
ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE  
SANTANDER EN CONVENIO CON ASEO URBANO

HELYSaura SOTO MENDEZ

ZARECK LINELLY RINCÓN CARRASCAL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN  
EL ECOPARQUE DE COMFANORTE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS COMO  
ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE  
SANTANDER EN CONVENIO CON ASEO URBANO

HELISAURA SOTO MENDEZ

ZARECK LINELLY RINCÓN CARRASCAL

Proyecto presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero agroindustrial

Director:

ING. Msc. MARIBEL GÓMEZ PEÑARANDA

Co-Director:

KAREN PAOLA MENA HORTÚA Ingeniera Ambiental

Gestora De Servicios Masivos De La Empresa ASEO URBANO S.A.S.E.S.P.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO**

**FECHA:** 21 DE MAYO 2018

**HORA:** 02:00 P.M.

**LUGAR:** EDIFICIO SEMIPESADOS TERCER PISO, SALA DE JUNTAS FACULTAD

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TÍTULO:** "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL ECOPARQUE DE COMFANORTE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER EN CONVENIO CON ASEO URBANO"

**MODALIDAD:** INVESTIGACIÓN

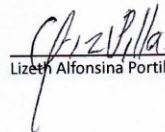
**JURADOS:** LIZETH ALFONSINA PORTILLA VILLAREAL  
DIANA MARCELA CHÁVEZ RAMÍREZ  
JOSÉ ALFREDO GUTIÉRREZ DURAN

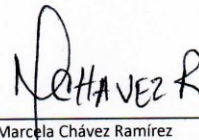
**DIRECTOR:** MARIBEL GÓMEZ PEÑARANDA

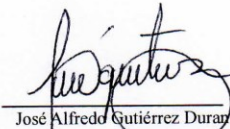
NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN
HELYSaura SOTO MÉNDEZ	1640928	4.6
ZARECK LINELLY RINCÓN CARRASCAL	1640972	4.6

**OBSERVACIONES:** MERITORIA

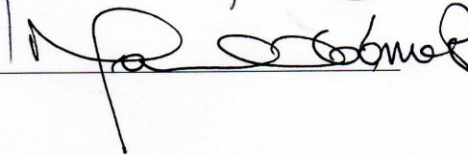
**FIRMA DE LOS JURADOS:**

  
Lizeth Alfonsina Portilla Villareal

  
Diana Marcela Chávez Ramírez

  
José Alfredo Gutiérrez Duran

Vo. Bo. Coordinador Comité Curricular



La presente tesis va dedicada principalmente a Dios y al espíritu santo, porque son las fuentes de mi inspiración y consagración con que realizo todo lo que me propongo, porque sin ellos no hubiese podido cumplir con todos mis objetivos propuestos hasta la fecha.

A mi madre Rosaura Méndez Benítez y padre Justo Elías Soto García, por su apoyo, perseverancia y constancia en todo momento, por sus consejos, valores que me permitieron formarme como una persona de bien, pero más que nada, por el amor que me brindan en los momentos difíciles que se presentan en la búsqueda y cumplimiento de mis objetivos.

En esta dedicatoria no pueden faltar mis hermanas; Laura, Eliana y Daniela soto, porque de ellas aprendí lecciones de vida, de sus fracasos, de sus triunfos que me han hecho ver el mundo desde una perspectiva diferente, y que inevitablemente me han puesto a pensar dos veces antes de bajar la cabeza ante las diversas complicaciones y dificultades que se me presentan en la vida, dando solución y permitiéndome luchar con más fuerza cada día.

A mis maestros que de una u otra manera me aportaron conocimiento para la realización de esta tesis, sus apartes y enseñanzas son tan grandes como su ausencia en estas páginas.

También quiero dedicar mi trabajo a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado en todo momento, a Yeny Cárdenas, Jackeline Nieto, Miguel Pérez, David Buitrago y Kimberly Mercedes, por ser buenos compañeros, cómplices y amigos, a lo largo de toda nuestra vida universitaria de quienes aprendí a relacionarme con los demás. A mi compañera de tesis Zareck Rincón por solucionar nuestras diferencias de manera profesional y por trabajar en equipo para la realización y culminación de este proyecto.

No me queda más que decir gracias a todos por su apoyo.

Helysaura Soto Méndez.

Agradezco inmensamente a Dios por darme la sabiduría y fortaleza para cumplir esta gran meta y por siempre iluminar mi camino que sin el nada de esto fuera posible. Dedico este arduo trabajo. A mi mamá Yajaira por su amor incondicional, por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a mi tío Miguel Andrés por ser esa persona que ha velado por mí durante todo este arduo camino para convertirme en una profesional, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre.

Agradezco a mi tía Amparo por siempre estar pendiente de mí, por su constante apoyo, por su dedicación hacia a mí y por lograr este sueño que también es de ella, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, a mi tía Johanna por enseñarme a que diariamente me supere profesionalmente, brindarme su apoyo en todo momento y ser ese ejemplo de salir adelante a pesar de las circunstancias.

A mis tías Gloria, Tatiana y Yulieth y mi papa Ivan por aportar su granito de arena y siempre llenarme de amor y fortaleza.

A mi compañera de vida Silvia Juliana por estar siempre conmigo; A mis primas María Paula y Zachary por su paciencia y cariño.

Mi amiga Silvia Lorena por estar en todo momento y apoyarme en cada decisión para mi vida. A mis Abuelos por ser mi mayor tesoro y por brindarme su afecto.

Por último, a la persona que más amo y extraño, estoy segura que desde el cielo celebra este triunfo tanto como yo, a mi Papito Tincho porque este sueño fue de ambos, pero sé que donde estés, te haría muy feliz y estarías muy orgulloso de mí.

Mi familia lo más importante para mi vida, mi motor los amo esto es para ustedes. Y a todas aquellas personas que hicieron esto posible, a mis compañeros de carrera y de tesis Helysaura, finalmente a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Zareck Linely Rincón Carrascal.

## **Agradecimientos**

A lo largo de nuestra carrera universitaria agradecemos a la Universidad Francisco De Paula Santander, a Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, por permitir la formación como Ingenieros Agroindustriales, al personal docente por compartir sus conocimientos y anécdotas que sirven como ejemplo para desarrollarnos como profesionales.

Agradecemos a nuestra directora de tesis, la Ingeniera Msc. Maribel Gómez Peñaranda, por confiar en nosotras para realizar este proyecto, por la dedicación, tiempo y apoyo brindado a lo largo de la investigación; por orientarnos cuando las cosas parecían no tener salida y por sus consejos profesionales que permitieron el cumplimiento exitoso de los objetivos planteados.

A nuestra codirectora de tesis la Ingeniera a Karen Paola Mena Hortúa, por el apoyo en las salidas de campo realizadas para el desarrollo de las tesis.

A la empresa Aseo Urbano S.A.S.E.S. P, por su patrocinio y depositar su confianza para llevar a cabo este proyecto, bajo la supervisión y orientación de la directora y codirectora de la investigación.

Resaltando su compromiso y colaboración con todos los tesisistas, infinitas gracias damos a Martha Cecilia Acevedo Coronado, coordinadora del laboratorio de Ciencias Básicas Agroindustriales de la Universidad Francisco de Paula Santander, sede campos elíseos; reconociendo su apoyo para el desarrollo de esta tesis.

Al gerente y personal del Ecoparque de Comfanorte, por su confianza, disposición de su tiempo para llevar a cabo la realización de este proyecto.



## Contenido

	<b>Pag.</b>
Introducción	21
1. El Problema	23
1.1. Título del proyecto	23
1.2. Planteamiento del problema	23
1.3. Formulación del problema	26
1.4. Objetivos	26
1.4.1. Objetivo general.	26
1.4.2. Objetivos específicos.	26
1.5. Justificación	27
1.6. Alcances y Limitaciones	28
1.6.1. Alcances.	28
1.6.2. Limitaciones.	28
1.7. Delimitación	29
1.7.1. Delimitación espacial.	29
1.7.2. Delimitación conceptual.	29
1.7.3. Delimitación temporal.	29
2. Marco Referencial	30
2.1. Antecedentes	30
2.2. Marco contextual	34
2.2.1. Misión.	35
2.2.2. Visión.	35

2.3. Marco referencial	35
2.3.1. Residuos sólidos.	36
2.3.1.1. Residuos orgánicos.	36
2.3.1.2. Residuos inorgánicos.	36
2.3.2. Clasificación de los residuos sólidos.	37
2.3.2.1. De acuerdo a la fuente productora o procedencia.	37
2.3.2.2. De acuerdo con su composición.	38
2.3.3. Esquema de clasificación según la composición física.	38
2.3.4. Características de los residuos.	39
2.3.5. Sistemas de muestreo.	40
2.3.6. Procesos de biodigestión.	41
2.3.6.1. Digestión aerobia.	41
2.3.6.2. Digestión anaerobia.	42
2.3.7. Productos que se obtienen de la digestión anaerobia.	42
2.3.7.1. Biogás.	42
2.3.7.2. Bioabono.	43
2.3.8. Descripción del proceso de biodigestión.	43
2.3.9. Etapas del proceso.	44
2.3.9.1. Hidrolisis.	44
2.3.9.2. Etapa Fermentativa o Acidogénica.	45
2.3.9.3. Etapa Acetogénica.	45
2.3.9.4. Etapa Metanogénica.	45
2.3.10. Microorganismos involucrados en cada uno de los procesos	46

2.3.11. Factores que influyen en el proceso de biodigestión.	47
2.3.12. Condiciones del proceso anaerobio.	51
2.3.13. Biodigestores.	52
2.3.14. Proceso de los biodigestores.	54
2.3.15. Tipos de biodigestores.	54
2.3.15.1. Biodigestores continuos.	54
2.3.15.2. Biodigestores semi continuos.	55
2.3.15.3. Biodigestores discontinuos o régimen estacionario.	55
2.3.16. Modelos de biodigestores.	55
2.3.16.1. Modelo Chino.	56
2.3.16.2. Modelo Indiano.	57
2.3.16.3. Biodigestores Horizontales.	57
2.3.16.4. Biodigestor Batch (discontinuo o régimen estacionario).	58
2.3.17. Usos del biogás.	59
2.3.17.1. Producción de calor o vapor.	59
2.3.17.2. Generación de electricidad o combinación de calor y electricidad.	59
2.3.17.3. Combustible para vehículos.	60
2.4. Marco legal	60
2.5. Marco conceptual	63
2.6. Hipótesis	67
2.6.1. Hipótesis alternativa.	67
2.6.2. Hipótesis nula.	67
3. Diseño metodológico	68

3.1. Tipo de investigación	68
3.2. Universo y Muestra	68
3.2.1. Universo.	68
3.2.2. Muestra.	68
3.3. Variables	68
3.4. Instrumentos para la recolección de la información	71
3.4.1. Diseño experimental.	72
3.3. Fases de la investigación (Metodología)	73
3.3.1. Fase 1: Cuantificación de los residuos que genera el Ecoparque.	77
3.3.1.1. Densidad de los residuos.	79
3.3.1.2. Determinación de los residuos no incluidos en el cuarteo.	80
3.3.2. Fase 2: Determinación del Porcentaje en peso (%p/p) del total de residuos.	81
3.3.3. Fase 3: Selección del estiércol mediante una matriz de prioridad.	82
3.3.3.1. Determinación del porcentaje de humedad.	82
3.3.3.2. Cálculo del estiércol generado.	83
3.3.3.3. Producción de biogás por tipo de residuo animal.	84
3.3.4. Fase 4: Determinación propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos.	84
3.3.5. Fase 5: Montaje y monitoreo de los biodigestores a escala piloto.	84
3.3.5.1. Diseño e instalación de biodigestores.	85
3.3.5.2. Montaje de los tratamientos.	87
3.3.5.3. Monitoreo de biodigestores.	88
3.3.6. Fase 6: Evaluación estadística de los resultados obtenidos.	92
3.3.7. Fase 7: Determinación los costos totales de la implementación del sistema de biogás.	92

3.4. Técnicas de análisis y procedimientos de datos	93
4. Resultados y Discusión	94
4.1. Caracterización de los residuos generados en el Ecoparque de Comfanorte	94
4.1.1. Cuantificación de residuos.	94
4.1.1.1. Composición física de los residuos de acuerdo a los cuarteos.	95
4.1.1.2. Densidad de los residuos generados en el Ecoparque de Comfanorte.	97
4.1.1.3. Determinación de los residuos no incluidos en el cuarteo.	97
4.1.1.3.1 Residuos de podas y barrido.	97
4.1.1.3.2. Residuo de estiércol.	98
4.1.2. Determinación del Porcentaje en peso (%p/p) del total de residuos.	98
4.1.3. Selección del estiércol mediante una matriz de prioridad.	100
4.1.3.1. Porcentaje de Humedad.	100
4.1.3.2. Estiércol generado.	101
4.1.3.3. Producción de biogás.	101
4.1.3.4. Matriz de selección.	101
4.1.4. Determinación de las propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos.	102
4.2. Montaje y monitoreo de los biodigestores a escala piloto	102
4.2.1. Montaje.	102
4.2.2. Monitoreo.	104
4.2.2.1. Comportamiento de temperatura.	104
4.2.2.2. Comportamiento para el pH.	105
4.2.2.3. Generación de biogás.	106
4.2.2.4. Calidad del biogás.	107

4.3. Evaluación estadística de los resultados obtenidos	110
4.3.1. Evaluación estadística de temperatura	110
4.3.2. Evaluación estadística para el pH.	111
4.3.3. Evaluación estadística de biogás.	112
4.3.4. Evaluación estadística Calidad del biogás.	114
4.4. Determinación los costos totales de la implementación del sistema de biogás.	115
5. Conclusiones	120
6. Recomendaciones	122
Bibliografía	123
Anexos	129