ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE RESIDUOS SÓLIDOS

MARÍA ISABEL BUILES
PAOLA MONTAÑO LARGO

UNIVERSIDAD EAFIT, MAESTRÍA EN SOSTENIBILIDAD

JORGE HARLEY GUERRERO
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

FEBRERO 2025

2. TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....4

ABSTRACT.....5

HIGHLIGHTS O MENSAJES DESTACADOS.....6

DEDICATORIA.....7

INFOGRÁFICO.....8

INTRODUCCIÓN.....9

REVISIÓN DE LA LITERATURA.....12

METODOLOGÍA.....19

Consideraciones éticas.....19

HALLAZGOS Y RESULTADOS.....20

Estudio del entorno y del sector:.....20

Generalidades del Municipio.....20

Localización.....20

Contexto Demográfico.....21

Accesibilidad Geográfica.....22

Dimensión Económica.....22

Servicios Públicos del Municipio.....23

Estudio técnico:.....24

Estudio legal:.....26

Estudio ambiental:.....28

Estudio financiero:.....30

1. Compra del Lote:.....32

2. **Diseño y Planos:**.....32

Inversión Inicial Total Estimada en pesos colombianos:.....33

Discusión......39

CONCLUSIONES.....43

Contribución a los ODS.....43

ODS 3: Salud y Bienestar.....43

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento 43
ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico 44
ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles 44
ODS 12: Producción y Consumo Responsables 44
ODS 13: Acción por el Clima 44
ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres 44
Impacto del trabajo al desarrollo sostenible 46
Biografía de las autoras 47
Agradecimientos y reconocimientos. 47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 8
Figura 2 21
Figura 3 22

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 34
Tabla 2 35

RESUMEN

Con cerca de 311.872 habitantes y una enorme producción mensual de residuos urbanos, el municipio de Corinto, Cauca, se enfrenta a enormes problemas en la gestión de sus residuos sólidos. El suelo, el aire y el agua se ven perjudicados por el vertedero a cielo abierto donde se vierte este material. Aunque en las zonas rurales se aprovechan algunos residuos orgánicos, el problema de la contaminación se agrava por la falta de conciencia ambiental y de una educación adecuada.

Con el fin de crear prácticas sostenibles que apoyen el manejo adecuado de los residuos y la conservación del medio ambiente en la zona, este proyecto de grado se enfoca en realizar un análisis de prefactibilidad para el establecimiento de una planta de residuos sólidos en Corinto, Cauca. La viabilidad del proyecto se evaluará utilizando una metodología de investigación mixta que combina técnicas cuantitativas y cualitativas.

El planteamiento tiene en cuenta las facetas técnica, jurídica, medioambiental y financiera de la gestión de residuos sólidos y se adapta a la fase de preinversión. El primer paso fue una investigación medioambiental, seguida de una evaluación técnica que reveló los requisitos del proyecto. Junto con los posibles efectos medioambientales, también se evaluaron las consideraciones jurídicas y se sugirieron estrategias de mitigación.

Por último, se realizó un análisis financiero utilizando métricas como la Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto para evaluar la rentabilidad del proyecto. El objetivo de este proyecto es dotar a Corinto, Cauca, de una solución integral de manejo de residuos sólidos que apoye la sostenibilidad ambiental y avance en el desarrollo integral de la zona.

Palabras clave: Prefactibilidad, Planta de Residuos Sólidos, gestión de residuos, sostenibilidad, viabilidad técnica, viabilidad económica, impacto ambiental, aprovechamiento de residuos sólidos.

ABSTRACT

The municipality of Corinto, Cauca, faces significant challenges in the management of its solid waste, with approximately thirty-one thousand eight hundred and seventy-two inhabitants and a considerable monthly production of urban waste. This waste is deposited in an open dump, which causes environmental damage to the soil, air, and water. Although in the rural area there is some use of organic waste, the lack of environmental awareness and the lack of adequate education contribute to the contamination problem.

This degree work focuses on conducting a pre-feasibility analysis for the implementation of a solid waste plant in Corinto, Cauca, with the objective of developing sustainable practices that contribute to the proper management of waste and to the strengthening of environmental conservation in the region. A mixed research methodology will be used, combining quantitative and qualitative approaches to evaluate the feasibility of the project.

The methodology is adapted to the preinvestment phase and considers technical, regulatory, environmental, and economic aspects of solid waste management. It began with an environmental analysis, followed by a technical study that provided information on project requirements. Legal aspects were also evaluated, as well as possible environmental impacts, proposing measures to mitigate them.

Finally, a financial analysis was carried out to evaluate the profitability of the project, using indicators such as the Net Present Value and the Internal Rate of Return. This work seeks to offer an integral solution for solid waste management in Corinto, Cauca, that promotes environmental sustainability and contributes to the integral development of the territory.

Keywords: Prefeasibility, Solid Waste Plant, waste management, sustainability, technical feasibility, economic feasibility, environmental impact, solid waste utilization.

HIGHLIGHTS O MENSAJES DESTACADOS

- ¡Transformando desafíos en oportunidades! Nuestro proyecto de grado busca una solución integral para la gestión de residuos sólidos en Corinto, Cauca. #DesarrolloSostenible #ODS12 #GestiónAmbiental
- ¿Quieres saber cómo convertir residuos en recursos? Descubre cómo nuestra investigación de prefactibilidad puede contribuir a una mejor gestión de residuos sólidos. #EconomíaCircular #Sostenibilidad #InnovaciónAmbiental
- ¡Es hora de actuar! Con nuestro estudio de mercado, identificamos la demanda insatisfecha de soluciones eficientes para el manejo de residuos sólidos en Corinto, Cauca. #GestiónAmbiental #DesarrolloLocal #ODS11
- ¡Un futuro más limpio y saludable está en marcha! Nuestro análisis financiero demuestra que una planta de residuos sólidos es viable económicamente y contribuirá al desarrollo sostenible de Corinto, Cauca. #ODS12 #DesarrolloSostenible #Innovación

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a todos los que luchan incansablemente por un medio ambiente más sano y limpio, a través de su duro trabajo y dedicación.

A los miembros de nuestras familias, por su inquebrantable comprensión y apoyo durante la investigación y el desarrollo del proyecto. Este trabajo no habría sido factible sin su apoyo y confianza.

A nuestros instructores y mentores, cuya pericia, dirección y experiencia han sido esenciales para el crecimiento de nuestra investigación. Les agradecemos que nos animaran a ejercitar el pensamiento crítico y a buscar respuestas a largo plazo a los problemas medioambientales.

A los habitantes de Corinto, Cauca, que se enfrentan a diario a los efectos de una mala gestión de los residuos sólidos. Esperamos que esta iniciativa contribuya a preservar el entorno natural y a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Y, por último, a todas las personas que trabajan para dejar un planeta mejor a las generaciones venideras y que valoran la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad. Este esfuerzo es un paso más hacia un futuro más sostenible y limpio para todos.

INFOGRÁFICO

A continuación, se presenta el infográfico del análisis de prefactibilidad.

Figura 1

Análisis de prefactibilidad para la implementación de una planta de residuos solidos

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las proyecciones de población del DANE para el periodo 2018-2050 y el censo DANE, se espera que el municipio de Corinto, Cauca, cuente con 26.810 habitantes en el año 2023, de los cuales 13.005 residen en la cabecera municipal (48,51% urbano) y 13.805 residen en el resto del municipio (51,49% rural). El municipio carece de infraestructuras suficientes para la recogida, transporte y tratamiento de residuos sólidos. Además, no hay suficientes camiones y equipos para cubrir eficazmente todo el municipio. La basura se acumula en lugares públicos como consecuencia de una recogida irregular que no llega a todas las zonas, sobre todo en los distritos rurales y marginales.

El 90% de los hogares utiliza materiales de desecho como cáscaras y productos orgánicos de fácil descomposición para el consumo de los animales domésticos o como abono en sus huertas, y algunos incluso convierten los restos de la cocina en compost, según el Plan de Ordenamiento Territorial 2019 para la zona rural del municipio de Corinto. También se encontró que los elementos plásticos como bolsas y otros empaques son quemados, enterrados o arrojados a la tierra.

Debido a la falta de sistemas de reciclaje eficientes y a la falta de concienciación pública sobre la importancia de la separación y el reciclaje de residuos, Corinto tiene una tasa de reciclaje muy baja. Además, la falta de instalaciones para el tratamiento y el uso de residuos orgánicos e inorgánicos -como instalaciones de reciclaje o plantas de compostaje- reduce la cantidad de recursos que pueden reutilizarse.

La mayoría de los residuos se vierten en vertederos improvisados que no cumplen las normas medioambientales, lo que provoca problemas de contaminación del suelo y el agua. Los problemas de salud pública, como las enfermedades respiratorias y gastrointestinales, se deben a la eliminación inadecuada de la basura, que también contamina el aire, el agua y el suelo. Además de dañar la biodiversidad local y los recursos hídricos, la gestión inadecuada de los residuos sólidos contamina ríos y arroyos.

El metano, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático, se produce en los vertederos cuando los residuos orgánicos se descomponen sin control. Los empleados responsables de la recogida y manipulación de residuos trabajan a menudo en entornos sucios y con equipos de seguridad insuficientes, lo que pone en peligro su salud y seguridad. Debido a la falta de educación ambiental y de comprensión de la importancia de una gestión adecuada de los residuos, la comunidad de Corinto participa poco en los programas de gestión de residuos.

Debido a las restricciones financieras, al municipio le resulta difícil financiar iniciativas e infraestructuras de gestión de residuos sólidos. La falta de utilización de materiales reciclables constituye una posible pérdida económica, ya que la recogida, el transporte y la eliminación de residuos son costosos.

En consecuencia, surge la siguiente pregunta de investigación: Como estrategia de sostenibilidad, ¿Es conveniente construir una planta de residuos sólidos en el municipio de Corinto, Cauca, ¿teniendo en cuenta factores técnicos, financieros, ambientales y sociales?

La problemática del manejo, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos en Corinto, Cauca, es compleja y multifacética, involucrando factores técnicos, económicos, ambientales y sociales. La implementación de una planta de residuos sólidos podría ser una solución integral, mejorando la gestión de residuos, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo la sostenibilidad en el municipio. La evaluación de la prefactibilidad de este proyecto es crucial para determinar su implementación y diseñar estrategias efectivas que aborden estos desafíos.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar la prefactibilidad de la implementación de una planta de residuos sólidos en Corinto.

Objetivos Específicos:

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de los residuos sólidos en Corinto.
- Fortalecer las estrategias de conservación ambiental del municipio.
- Analizar el estudio descriptivo y cuantitativo de los aspectos técnicos, entorno, legal y ambiental para la implementación de una planta de residuos sólidos.
- Realizar un estudio de los aspectos técnicos, entorno, legal y ambiental para la implementación de una planta de residuos sólidos.
- Evaluar la viabilidad financiera del proyecto.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Gestión de Residuos Sólidos

Definición y clasificación: La gestión de residuos sólidos se refiere al conjunto de actividades necesarias para manejar los residuos desde su generación hasta su disposición final, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y eliminación (Suárez Gómez, 2000). Según la guía nacional para la adecuada separación de residuos sólidos (2022), los residuos sólidos pueden clasificarse en las siguientes categorías:

Residuos sólidos ordinarios:

- **Residuos Orgánicos.** Materiales biodegradables como restos de alimentos y vegetación.
- **Residuos Aprovechables.** Materiales como cartón y papel, metales, plástico, vidrio, madera y textil.
- **Residuos No Aprovechables.** Los residuos no aprovechables son cualquier material generado por actividades humanas y/o animales y desechada como inútil o no deseada (Khajuria, Yamamoto, & Morioka, 2010).

Residuos sólidos con gestión diferenciada:

- **Residuos Peligrosos.** Aquellos residuos que, debido a sus peligros intrínsecos, por ejemplo, ser corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, pueden causar daños o efectos indeseados a la salud o al ambiente. Los RESPEL se pueden encontrar en estado sólido o semisólido o ser líquidos o gases contenidos en recipientes (por ejemplo, en cilindros de gas) (Minambiente, 2022).
- **Residuos posconsumo.** Materiales tales como bombillas fluorescentes, envases de plaguicidas, baterías de plomo ácido, llantas usadas, pilas usadas, Medicamentos vencidos, computadores.
- **RAEE.** Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- **RCD.** Residuos de construcción y demolición.

Métodos de Tratamiento y Disposición:

Los métodos de tratamiento y disposición de residuos sólidos incluyen:

- **Reciclaje.** Proceso de recuperación y revalorización de materiales para ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos. Es crucial para reducir la cantidad de residuos enviados a disposición final y para conservar recursos naturales.
- **Compostaje.** Tratamiento de residuos orgánicos mediante procesos biológicos controlados para producir compost, un abono natural que mejora la calidad del suelo.

- **Incineración.** En la Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios, Rondón y otros (2016), indican que la incineración es un proceso de combustión controlada que convierte la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en materiales inertes, como cenizas, y en gases. Aunque no elimina completamente los residuos, ya que produce cenizas, escorias y gases. Este método reduce significativamente el peso y el volumen de los desechos originales. Específicamente, el peso de los residuos se reduce aproximadamente en un 70% y el volumen disminuye entre un 80% y un 90%, dependiendo principalmente del contenido de fracciones combustibles e inertes.

  Cualquier planta incineradora de residuos urbanos debe estar diseñada para llevar a cabo las siguientes operaciones:

  - ✓ Recepción, pesaje y almacenamiento de residuos.
  - ✓ Alimentación y dosificación de hornos.
  - ✓ Extracción de cenizas y escorias.
  - ✓ Enfriamiento de gases.
  - ✓ Tratamiento de los gases y de las cenizas volátiles resultantes de la combustión.
  - ✓ Transporte de escorias.

- **Rellenos Sanitarios.** Disposición final de residuos en lugares diseñados para minimizar su impacto ambiental, mediante el uso de técnicas de cobertura y control de lixiviados.

Sostenibilidad

Es importante recordar que el concepto de sostenibilidad emerge de manera negativa, como resultado de análisis científicos coincidentes que revelan la insostenibilidad del mundo actual. El ritmo de uso de diversos recursos esenciales, como los energéticos, los bancos de pesca, los bosques, las reservas de agua dulce y el suelo cultivable, entre otros, es insostenible. Estos recursos se están explotando a un ritmo mucho más rápido del que pueden regenerarse, cuando son renovables, o reemplazarse por alternativas sostenibles (Vilches y Gil Pérez, 2013).

De acuerdo a World Wildlife Fund (1980) La sostenibilidad es un concepto que surge a principios de la década de los años 80 con la publicación de varios documentos relevantes, como la *Estrategia Mundial para la Conservación* y se define como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Para Brundtland (1997). Los tres pilares de la sostenibilidad son:

- **Económico.** Viabilidad financiera y eficiencia económica.
- **Social.** Equidad social y bienestar de la comunidad.
- **Ambiental.** Protección y conservación del medio ambiente.

Relación con la Gestión de Residuos Sólidos

La gestión de residuos sólidos sostenible, busca minimizar el impacto ambiental, promover la equidad social y ser económicamente viable. Algunos enfoques clave incluyen:

- **Economía Circular.** El concepto de economía circular se basa en los principios de la ecología, proponiendo un cambio del paradigma "Reducir, reutilizar y reciclar" hacia una transformación más profunda y duradera. Este enfoque busca minimizar el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente de manera más efectiva (Lett, 2014).

  El modelo de economía circular se orienta hacia un nuevo paradigma que implica una nueva forma de crear productos desde su diseño inicial. Permite desarrollar negocios que consideran el crecimiento económico de la sociedad, la sostenibilidad ambiental y la reducción de los riesgos asociados a la volatilidad e incertidumbre de los precios de las materias primas y recursos energéticos (MacArthur y McKinsey, 2014).

- **Reducción de Impactos Ambientales.** Minimizar la generación de residuos y promover prácticas de manejo que reduzcan la contaminación del aire, agua y suelo.

Aspectos Normativos

En Colombia, la gestión de residuos sólidos está regulada principalmente por el decreto 1076 de 2015 creado por el Departamento Administrativo de la Función Pública (2024), también conocido como el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en Colombia el cual establece diversas disposiciones sobre la gestión integral de residuos sólidos. A continuación, se destacan algunos puntos clave relacionados con la generación de residuos sólidos:

- **Gestión Integral de Residuos Sólidos.** El decreto establece la obligación de implementar sistemas de gestión integral de residuos sólidos que abarquen desde la generación hasta la disposición final, promoviendo la minimización, el aprovechamiento y el tratamiento adecuado de los residuos.

- **Responsabilidad de los Generadores.** Se especifican las responsabilidades de los generadores de residuos sólidos, incluyendo la separación en la fuente, el almacenamiento adecuado y la entrega de los residuos a los sistemas de recolección autorizados.

- **Planes de Gestión de Residuos.** Los generadores de residuos sólidos, especialmente los industriales y comerciales, deben elaborar y ejecutar planes de gestión de residuos sólidos que contemplen estrategias de reducción, reutilización y reciclaje.

- **Regulación de Residuos Peligrosos.** El decreto incluye disposiciones específicas para la gestión de residuos peligrosos, obligando a los generadores a adoptar medidas de manejo y disposición que garanticen la protección del medio ambiente y la salud humana.

- **Fomento del Aprovechamiento.** Se promueve el aprovechamiento de residuos sólidos a través de la implementación de tecnologías de reciclaje, compostaje y recuperación de energía, incentivando prácticas que contribuyan a la economía circular.

- **Educación y Sensibilización.** El decreto enfatiza la importancia de la educación y la sensibilización pública en materia de gestión de residuos sólidos, buscando cambiar comportamientos y promover prácticas sostenibles entre la ciudadanía.
- **Fiscalización y Sanciones.** Se establecen mecanismos de control y vigilancia para asegurar el cumplimiento de las disposiciones del decreto, así como sanciones para quienes infrinjan las normativas relacionadas con la gestión de residuos sólidos.

El Decreto 1076 de 2015 es un marco regulatorio amplio que busca asegurar una gestión sostenible de los residuos sólidos, protegiendo el medio ambiente y promoviendo la salud pública en Colombia.

Normativas Internacionales

Diversos convenios y acuerdos internacionales también influyen en la gestión de residuos sólidos, como:

- **Convenio de Basilea:** Regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y su eliminación (Sánchez, 1998).
- **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible:** Incluye objetivos específicos relacionados con la gestión sostenible de residuos (Sanahuja y Tezanos Vázquez, 2017).

Tecnologías de Tratamiento de Residuos

Existen diversas tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos, entre las cuales se destacan:

- **Plantas de Clasificación, Reciclaje y Economía Circular.** Una economía circular es un sistema industrial diseñado para ser restaurador o regenerativo desde su concepción y diseño. Este sistema reemplaza el concepto de "fin de vida" con el de restauración, favorece el uso de energías renovables y elimina productos químicos tóxicos que dificultan la reutilización. Busca eliminar los residuos a través de un diseño superior de materiales, productos, sistemas y modelos de negocio (MacArthur, 2013).
- **Digestores Anaeróbicos y Degradación de FORM.** La degradación de la Fracción Orgánica de los Residuos Municipales (FORM) implica la descomposición de materiales orgánicos biodegradables encontrados en los residuos sólidos urbanos, como restos de alimentos, residuos de jardinería y otros desechos vegetales (Granzotto, y otros, 2021).
- Este proceso es fundamental para la gestión de residuos sólidos, ya que ayuda a disminuir el volumen de residuos que deben ser tratados o enviados a vertederos y facilita la recuperación de recursos valiosos (Zhao, y otros, 2019).

  La digestión anaerobia (DA) está influenciada por diversos factores, incluyendo temperatura, pH, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total Kjeldahl (TKN), inóculo y sustrato. Es necesario un control preciso de estos factores para proteger a los microorganismos involucrados en el proceso. Un monitoreo y control adecuados de estos parámetros pueden optimizar la

actividad microbiana, lo que a su vez incrementa la producción de metano (Matheri, y otros, 2018).

Para que la fermentación anaeróbica funcione correctamente, es esencial mantener un equilibrio entre la población de microorganismos, el suministro de sustrato y el control de la temperatura y el Ph (Jain, y otros, 2015).

- **Incineradores.** Las tecnologías de incineración de residuos sólidos urbanos han evolucionado hasta alcanzar un nivel de madurez tecnológica que permite diseñar, construir y operar plantas con un alto nivel de fiabilidad, disponibilidad y respeto al medio ambiente. Al emplear las técnicas actuales, se espera que una planta incineradora pueda cumplir diversos objetivos, como la reducción del volumen de residuos en hasta un 95%, así como la utilización de la energía química contenida en los residuos para generar electricidad y/o energía térmica. Esto conlleva la creación de un subproducto que resulta económicamente interesante para la operación de la planta incineradora (Castells, 2012).

Innovaciones y Tendencias

Las tendencias actuales en el manejo de residuos incluyen:

- **Tecnologías de Automatización y Robótica.** Mejora de la eficiencia y precisión en la separación y procesamiento de residuos.
- **Procesos Biológicos Avanzados.** Nuevas técnicas de compostaje y digestión anaeróbica que aumentan la eficiencia y reducen los impactos ambientales.

Impacto Social y Ambiental

La implementación de una planta de residuos sólidos tiene diversos impactos sociales, tales como:

- **Generación de Empleo.** Creación de oportunidades laborales en la planta y en actividades asociadas como recolección y reciclaje (Xu y Li, 2024).
- **Mejora en la Calidad de Vida.** Reducción de la contaminación y mejora en la salud pública debido a una gestión adecuada de residuos.

La planta de residuos sólidos también tiene impactos ambientales significativos, incluyendo:

- **Reducción de la Contaminación.** Menor cantidad de residuos en rellenos sanitarios y reducción de emisiones contaminantes (Wanore, y otros, 2023).
- **Conservación de Recursos Naturales.** Recuperación de materiales reciclables y producción de compost y biogás (Negro, y otros, 2000).

Viabilidad de un proyecto

Los análisis de factibilidad desempeñan un papel crucial en la elección de los proyectos propuestos con el fin de alcanzar los máximos beneficios para la entidad responsable. Constituyen investigaciones aplicadas cuyo propósito radica en determinar si un proyecto propuesto tendría viabilidad en su implementación y de qué manera (McLeod, 2021).

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), realiza metodologías específicas para evaluar y mejorar el progreso industrial sostenible en los países en desarrollo y en transición. Estas metodologías se enfocan en una variedad de áreas, incluyendo la gestión de residuos, la eficiencia energética, la producción más limpia, y el impulso de pequeñas y medianas empresas (PYMEs).

Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), los proyectos se ejecutan en tres fases distintas (Behrens y Hawranek, 1996):

1. Fase de preinversión. La etapa inicial, conocida como fase de preinversión, abarca múltiples etapas, que incluyen la identificación de oportunidades de inversión mediante estudios y análisis de alternativas, selección preliminar del proyecto, así como la preparación del proyecto a través de estudios de pre-viabilidad y viabilidad, y la evaluación preliminar del proyecto junto con las decisiones de inversión mediante informes de apreciación previa.

2. Fase de inversión o ejecución. puede dividirse en las siguientes etapas:

- ✓ Creación de la base jurídica, financiera y orgánica para ejecutar el proyecto.
- ✓ Adquisición y transferencia de tecnología, comprendida la ingeniería básica.
- ✓ Diseño de la ingeniería de detalle y contratación, comprendidas la licitación, la evaluación de ofertas y las negociaciones.
- ✓ Adquisición de terrenos, obras de construcción e instalaciones.
- ✓ Comercialización previa a la producción, comprendidos la obtención de suministros y el establecimiento de la administración de la empresa.
- ✓ Contratación y capacitación del personal.
- ✓ Puesta en marcha e iniciación de las operaciones de la planta.

3. Fase de operación. Una vez que la producción ha comenzado, es crucial analizar las situaciones que surjan desde dos perspectivas temporales: a corto plazo y a largo plazo. El enfoque a corto plazo se refiere al período inicial, posterior al inicio de la producción, durante el cual pueden surgir diversos problemas relacionados con aspectos como la implementación de técnicas de producción, el funcionamiento del equipo o la productividad insuficiente de la mano de obra. Por otro lado, el enfoque a largo plazo está vinculado a las estrategias seleccionadas, así como a los costos de producción y comercialización asociados, junto con los ingresos derivados de las ventas.

Gómez y Diez (2015) lo explican de la siguiente forma: Un análisis a nivel de perfil típicamente se fundamenta en supuestos o datos particulares de proyectos similares. Al llevar a cabo el

estudio de prefactibilidad, se debe examinar previamente todos los aspectos considerados en el análisis de perfil, identificando aquellas variables que requieran un análisis más detallado. Es habitual recurrir a fuentes secundarias y, si es necesario, a fuentes primarias.

Una vez establecido lo que significa un estudio de factibilidad, se procede, para finalizar, a explicar los principales componentes de los siete estudios que la metodología ONUDI propone, para analizar la viabilidad de un proyecto (Behrens y Hawranek, 1996) y (Franco y Montoya, 2012)

Estudio del entorno y del sector. Implica analizar y describir el área de influencia que será impactada por el proyecto y la que a su vez lo afectará, así como el sector y subsector económico al que pertenece el proyecto. Además, comprende las dimensiones económicas, tecnológicas, políticas, legales, socio-culturales, ambientales, naturales y geográficas, y cómo estas afectan directa o indirectamente al proyecto dentro de su entorno.

Estudio de mercado. Engloba la descripción del producto o servicio, el análisis de la demanda y la oferta, la estrategia de fijación de precios, comercialización, promoción y publicidad, así como el análisis de las materias primas necesarias.

Estudio técnico. Incluye el análisis de la ubicación óptima y la ingeniería del proyecto, que abarca la determinación del tamaño o capacidad de producción, los procesos, la estrategia de producción, las materias primas e insumos, la maquinaria, los equipos, las instalaciones y los edificios necesarios.

Estudio legal. Consiste en revisar la normativa vigente, la estructura jurídica y la gestión de contratos relacionados con el proyecto.

Estudio ambiental. Identifica los posibles impactos ambientales sobre el agua, el aire, la fauna, la flora y los suelos, e incluye la obtención de permisos, licencias y/o concesiones necesarias para el proyecto.

Estudio organizacional. Tiene como objetivo diseñar la estructura organizativa más adecuada para la operación del proyecto, lo cual implica la creación de un organigrama, la descripción de cargos, perfiles, responsabilidades, salarios, contratos y funciones empresariales.

Estudio financiero. Proyecta las inversiones requeridas, los ingresos, los costos y gastos asociados, con el fin de elaborar el flujo de caja y determinar la rentabilidad del proyecto. También incluye el análisis de indicadores económicos como la TIR y el VPN.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el análisis de prefactibilidad para la implementación de una planta de residuos sólidos en el municipio de Corinto, Cauca, se ajusta a la fase de preinversión, con el objetivo de determinar la viabilidad del proyecto como una unidad productiva para fortalecer la conservación del medio ambiente y contribuir al desarrollo integral del territorio.

Para identificar a los principales participantes en la cadena de valor y a los rivales, primero se realizó un estudio medioambiental y sectorial, en el que se analizaron los factores geográficos, sociales y económicos pertinentes para el proyecto.

El estudio técnico proporcionó información sobre los requisitos técnicos del proyecto, como la demanda prevista, la infraestructura y el personal necesarios y el calendario de actividades. Además, se realizó un estudio fiscal y jurídico en el que se calcularon los gastos fiscales y se evaluaron las necesidades jurídicas del proyecto.

El estudio ambiental identificó los impactos ambientales del proyecto. Estableció la necesidad de realizar la solicitud de un diagnóstico ambiental de alternativas ante el ANLA, con el fin de proponer medidas para mitigar y minimizar los riesgos ambientales.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis y una evaluación financiera, donde se organizó la información obtenida de los estudios anteriores para desarrollar una proyección financiera del flujo de caja y evaluar la rentabilidad del proyecto mediante indicadores como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), entre otros.

Consideraciones éticas

- **Consentimiento informado.** Se obtuvo el consentimiento informado para llevar a cabo el estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de manejo de residuos sólidos en el municipio de Corinto, mediante una entrevista con el Gerente de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo Público- EMCORINTO.

- **Confidencialidad y anonimato.** En este caso, no se aplicaron medidas específicas de confidencialidad y anonimato, ya que el trabajo de grado se considera un documento público y de libre consulta.

- **Conflicto de intereses.** La implementación de una planta de residuos sólidos puede plantear un conflicto de interés económico, ya que implica una reestructuración en la recolección de residuos y puede afectar al gremio de recicladores del municipio. Para mitigar este conflicto, se requiere establecer una alianza entre las partes involucradas.

- **Tratamiento ético de los datos.** Los datos recopilados en este estudio han sido manejados con el máximo cuidado para garantizar la privacidad y la seguridad de la información. Todos los datos han sido almacenados de forma segura y accesibles únicamente para los investigadores autorizados. Se han seguido procedimientos rigurosos para proteger la confidencialidad de los participantes, utilizando identificadores anónimos en lugar de datos personales siempre que sea posible.

- **Manipulación y sesgo.** Nos comprometemos a presentar los resultados de manera precisa y objetiva, sin distorsionar la interpretación de los hallazgos. Se ha evitado cualquier forma de manipulación o sesgo en la recopilación, análisis y presentación de los datos. Se han utilizado métodos y técnicas de investigación rigurosos para minimizar cualquier sesgo potencial y garantizar la validez y fiabilidad de los resultados.

- **Cumplimiento de regulaciones y directrices.** Este estudio se ha llevado a cabo cumpliendo estrictamente todas las regulaciones y directrices éticas aplicables. Se han seguido los códigos de conducta profesionales relevantes y las normas éticas de la investigación establecidas por las instituciones pertinentes. Se ha obtenido el consentimiento informado de todos los participantes, y se han respetado sus derechos y dignidad en todo momento durante el proceso de investigación.

HALLAZGOS Y RESULTADOS

Estudio del entorno y del sector:

Generalidades del Municipio

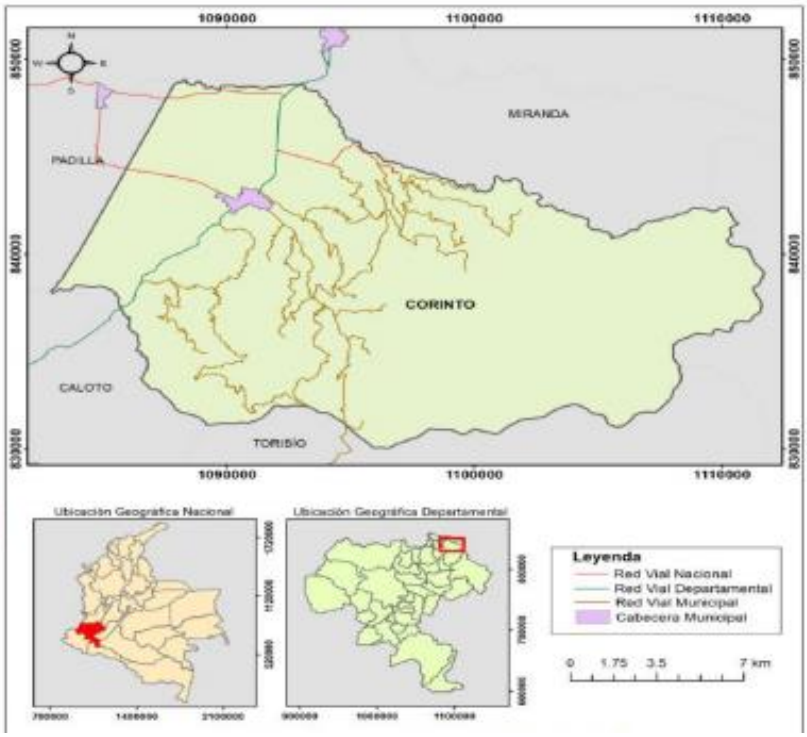
<u>Localización</u>

El Municipio de Corinto, se encuentra ubicado al norte del Departamento del Cauca, al oriente limita con los Departamentos de Tolima y Huila; al occidente con el Municipio de Padilla; al norte con el Municipio de Miranda; y al sur con los Municipio de Toribio y Caloto. Con una extensión total: 302 Km2, altitud entre 1050 y 4000 metros sobre el nivel del mar, una temperatura media: 24 y 13º C y una distancia de referencia: 118km de Popayán, capital del departamento del Cauca y a 65 km de Cali capital del departamento del Valle del Cauca.

El municipio de Corinto hace parte de la cordillera central y cuenta con un escenario paisajístico invariable, el cual hace parte del corredor ecológico del Parque Nacional del Nevado del Huila y de la zona de influencia del macizo colombiano.

Figura 2

Localización municipio beneficiario



Tomado de: Plan de Desarrollo Corinto Cauca 2024-2027

Según oficina de Planeación municipal para el año 2019, el 10% de la población del municipio de Corinto se concentraba en zona urbana en un área de 30.2 Km2 y el 90% restante se encontraba ubicado en zona rural del municipio en un área de 271.8 Km2.

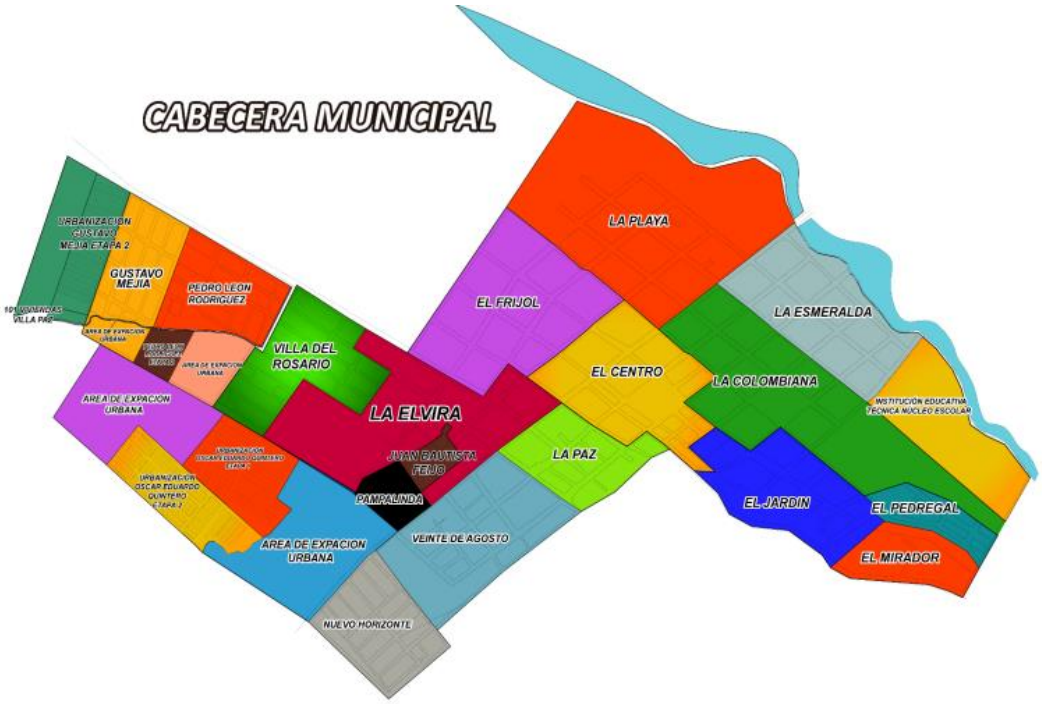
El proyecto tiene como principal población de impacto, la zona urbana de Corinto, ya que, a pesar de ser la parte más pequeña del municipio, diariamente se genera un promedio de 3 toneladas de basuras las cuales se van a vertederos de cielo abierto sin ningún tipo de manejo.

Contexto Demográfico

El Municipio de Corinto, según proyecciones realizadas por el DANE con base en el censo DANE, proyecciones poblacionales 2018 - 2050, tiene para el año 2023 una población de 26.810 habitantes, ubicando en la cabecera municipal a 13.005 personas (48,51% urbano) y 13.805 personas en el resto (51,49% rural). El sector Urbano está integrado por catorce (14) barrios y tres (3) urbanizaciones legalmente constituidas y el Sector Rural está constituido por seis (6) Corregimientos, cuarenta y siete (47) veredas y un predio de ciento quince (115) hectáreas, pertenecientes al Resguardo Indígena denominado-Bella Vista.

Figura 3

Distribución Cabecera Municipal



Tomado de: Plan de Desarrollo Corinto Cauca 2024-2027

Accesibilidad Geográfica

La red vial del municipio consta de 188 kilómetros de carreteras de los cuales 27.2 son pavimentados y 160.8 km no pavimentados. Contamos con 7 ejes viales, que se encuentran en regular o mal estado, requiere mantenimiento para el buen funcionamiento de los medios de transporte como chivas, camperos y demás vehículos.

El sistema vial del área urbana está constituido por una malla vial de 23.1 km de los cuales 18 km son pavimentados. Las vías sin pavimentar se encuentran localizadas en los barrios periféricos de la cabecera municipal. Barrios Pedregal, Esmeralda, La Playa, La Colombiana, 20 de agosto y la Urbanización Villa del Rosario. Las vías pavimentadas se encuentran en regular estado, aunque la administración municipal procura su mantenimiento continuo.

Dimensión Económica

El municipio de Corinto tiene una extensión de 29.400 hectáreas, de las cuales, según el Censo Nacional Agropecuario (2014), el 60.48% es área agropecuaria, el 32.52% corresponde a zonas de bosques naturales y 4.54 se destina a otros usos. El principal reglón productivo en el municipio es el cultivo de la caña con 5.181 hectáreas (EVAS, 2016), seguidos de cultivo de café y frutales.

La actividad agrícola en el municipio se encuentra determinada principalmente por los cultivos permanentes de caña azucarera, café, plátano y mora, los cultivos transitorios de maíz, los cuales presentan las mayores áreas cultivadas de Corinto.

La caña azucarera es el cultivo permanente más representativo del municipio, cuenta con un promedio de 3.700 hectáreas (has) sembradas y 2.650 has cosechadas, el cultivo de café también registra una vasta área para la producción con aproximadamente 1.660 has sembradas y 1.300 has cosechadas para el año 2013 y en menor proporción se encuentran el cultivo del plátano con un área sembrada de aproximadamente 110 has sembradas y cosechadas.

La actividad pecuaria en Corinto está determinada principalmente por la ganadería bovina, la avicultura, la porcicultura, entre otras. La ganadería bovina se centra principalmente en la actividad lechera y doble propósito, con una producción lechera de más de 4.000 litros diarios. En Corinto existen aproximadamente 4.800 aves de corral destinadas principalmente a la producción de huevos y carne. En cuanto a otras especies se destacan la explotación caballar con 98 caballos, la ganadería ovina con 105 ovejos y 770 porcinos los cuales se explotan en 100 granjas productoras.

Servicios Públicos del Municipio

Energía eléctrica. Esencial para el funcionamiento de hogares, empresas e industrias. La generación, transmisión y distribución de energía eléctrica está a cargo de empresas públicas y privadas, reguladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Agua potable y saneamiento. Garantizar el acceso a agua potable y servicios de saneamiento es vital para la salud pública y la calidad de vida. En Colombia, la prestación de estos servicios está a cargo de empresas públicas, privadas y comunitarias, reguladas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Gas natural. Es utilizado en hogares, industrias y comercios para calefacción, cocina y generación de energía. La regulación de la producción, transporte y distribución de gas natural está a cargo de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Telecomunicaciones. Incluye servicios de telefonía fija y móvil, acceso a internet y televisión por cable. En Colombia, este sector está regulado por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), y cuenta con la participación de empresas públicas y privadas.

Transporte público. Incluye servicios de transporte terrestre, aéreo y fluvial, así como la infraestructura asociada (carreteras, aeropuertos, puertos). La regulación y gestión de estos servicios varía según el modo de transporte y la jurisdicción local o nacional.

Recogida y disposición de residuos sólidos. Esencial para mantener la salubridad y el orden urbano. En Colombia, este servicio es responsabilidad de las autoridades locales, que pueden gestionarlo directamente o a través de contratos con empresas privadas.

Acueducto en el área urbana. El servicio de acueducto urbano en Colombia es una infraestructura esencial que proporciona agua potable a las comunidades urbanas. Este servicio abarca todo el ciclo del agua, desde la captación en fuentes naturales hasta su tratamiento, distribución y suministro a los hogares, empresas e instituciones.

Estudio técnico:

El estudio técnico establece los requerimientos operativos, de infraestructura, y logísticos necesarios para implementar una planta de residuos sólidos. Se enfoca en diseñar un sistema eficiente y sostenible para la gestión integral de los desechos, considerando las características del municipio de Corinto, Cauca (Franco & Montoya, 2012).

Caracterización de los Residuos Sólidos

- **Volumen y composición**. Determinación de la cantidad y tipo de residuos generados: (orgánicos, reciclables, peligrosos).
- **Fuentes generadoras**. Identificación de las principales áreas de producción: (zonas urbanas, rurales, comerciales, industriales).
- **Análisis de estacionalidad**. Identificación de variaciones en la generación de residuos a lo largo del año.

Localización de la Planta

- **Criterios de selección del terreno**:
    - Proximidad a las principales fuentes de generación de residuos.
    - Cumplimiento con el uso de suelo permitido según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT).
    - Evaluación de accesibilidad vial para recolección y transporte.
- **Factores ambientales**. Minimización del impacto en fuentes hídricas, suelos y ecosistemas.

Diseño e Infraestructura

- **Infraestructura necesaria**:
    - Áreas de recepción, clasificación, tratamiento y disposición final de residuos.
    - Planta de compostaje para residuos orgánicos.
    - Centro de reciclaje para materiales aprovechables: (plásticos, papel, metales).

- **Tecnología**:
    - Maquinaria para la compactación, trituración, compostaje y reciclaje.
    - Sistemas de control de emisiones y manejo de lixiviados.
- **Sostenibilidad energética**:
    - Evaluación de opciones para el uso de energías renovables, como paneles solares o biodigestores.

Logística y Operación

- **Esquema de recolección**:
    - Diseño de rutas óptimas para la recolección de residuos urbanos y rurales.
    - Adquisición de vehículos especializados para el transporte.
- **Procesos internos**:
    - Clasificación inicial en la planta.
    - Tratamiento y disposición final de residuos no aprovechables.
- **Capacidad operativa**:
    - Dimensionamiento de la planta según los volúmenes proyectados de residuos.

Recursos Humanos

- **Personal requerido**:
    - Operarios para clasificación y manejo de maquinaria.
    - Técnicos especializados en procesos de tratamiento y reciclaje.
    - Personal administrativo y de supervisión.
- **Capacitación**. Programas de formación en gestión de residuos y seguridad industrial.

Impacto en la Comunidad

- **Sensibilización y educación**. Implementación de campañas para fomentar la separación en la fuente y la entrega responsable de residuos.
- **Participación comunitaria**. Integración de recicladores y actores locales en el proceso.

Cronograma de Implementación

- **Fases del proyecto**:
    - **Diseño**: 3-6 meses para la elaboración de planos y selección de tecnología.
    - **Construcción e instalación**: 6-12 meses según la complejidad de la infraestructura.
    - **Operación inicial**: Etapa piloto de 3-6 meses para ajustar procesos.

Indicadores de Desempeño

- **Capacidad de procesamiento**. Volumen de residuos tratados diariamente.
- **Porcentaje de reciclaje**. Meta de reciclaje en comparación con residuos totales.
- **Reducción de residuos en vertederos**. Evaluación del impacto en la disminución de desechos enviados a disposición final.

Recolección y disposición de residuos sólidos. En Colombia, la gestión de los residuos sólidos suele ser responsabilidad de las autoridades locales, como las alcaldías municipales y las empresas de servicios públicos. Estas entidades se encargan de organizar y llevar a cabo la recolección de residuos sólidos en las áreas urbanas y rurales, así como de gestionar los sitios de disposición final, como rellenos sanitarios y estaciones de transferencia. El proceso de recogida y disposición de residuos sólidos en Colombia incluye varias etapas:

Recolección. Consiste en la recolección de los residuos sólidos de los contenedores o puntos de recolección en las calles, hogares y establecimientos comerciales. Esta actividad se realiza mediante vehículos de recolección y equipos especializados.

Transporte. Una vez recogidos, los residuos sólidos son transportados a sitios de transferencia o directamente a instalaciones de tratamiento o disposición final. El transporte se realiza generalmente mediante camiones compactadores o volquetes.

Tratamiento. Algunos residuos sólidos pueden ser sometidos a procesos de tratamiento, como la separación, el reciclaje, la compostación o la incineración, para reducir su volumen y minimizar su impacto ambiental. Estos procesos pueden realizarse en plantas de tratamiento de residuos sólidos o en instalaciones especializadas.

Disposición final. Los residuos sólidos que no pueden ser tratados o reciclados se disponen en sitios de disposición final, como rellenos sanitarios. Estos sitios están diseñados para minimizar la contaminación del suelo y el agua subterránea, así como para controlar los olores y los impactos visuales. Según informe de gestión, El servicio de aseo tiene una cobertura actual del 100 % de la cabecera urbana, la recolección se hace puerta a puerta, el barrido y la limpieza de forma manual. En la actualidad se adelanta la gestión necesaria por parte de EMCORINTO ESP, prestadora del servicio, se dispone en YOTOCO.

Estudio legal:

El **estudio legal** tiene como propósito identificar, analizar y garantizar el cumplimiento de los marcos normativos aplicables para la implementación de una planta de residuos sólidos en Corinto, Cauca. Este análisis asegura que el proyecto sea viable desde el punto de vista jurídico y administrativo (Franco y Montoya, 2012).

Normativa Ambiental Aplicable

Se analizan las leyes, decretos y resoluciones relacionadas con la gestión de residuos sólidos y la protección ambiental:

- **Ley 99 de 1993**. Establece el marco general de la política ambiental en Colombia.
- **Decreto 1076 de 2015**. Regula las disposiciones del sector ambiente y desarrollo sostenible.
- **Resolución 754 de 2014**. Define criterios para la gestión integral de residuos sólidos.
- **Ley 1259 de 2008.** Relativa a la gestión de residuos en áreas urbanas y rurales.

Requisitos para el Licenciamiento Ambiental

Se determina la necesidad de obtener la licencia ambiental, otorgada por la **Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)** o la autoridad ambiental competente. Para ello:

- Se presenta el **Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**.
- Se incluye el diseño y aprobación de un **Plan de Manejo Ambiental (PMA)**.
- Se aseguran los permisos para emisiones atmosféricas, vertimientos de aguas residuales y manejo de residuos peligrosos.

Regulaciones sobre Residuos Sólidos

La planta debe cumplir con las disposiciones sobre recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición final:

- **Ley 430 de 1998**. Gestión integral de residuos peligrosos.
- **Resolución 472 de 2017**. Marco técnico para el aprovechamiento de residuos sólidos no peligrosos.
- **Resolución 2184 de 2019**. Reglamentación para plásticos de un solo uso.

Permisos y Licencias

Se identifican las licencias y permisos necesarios para operar la planta:

- **Permisos de uso del suelo**. Emitidos por la Alcaldía o Planeación Municipal, según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT).
- **Registro de generador de residuos peligrosos**. En caso de manejar residuos de esta naturaleza.
- **Certificación en economía circular**. Para promover procesos sostenibles.

Normativa Laboral y Seguridad Industrial

Se asegura que las condiciones laborales de los trabajadores cumplan con las leyes vigentes:

- **Código Sustantivo del Trabajo**. Regulación de contratos y condiciones laborales.
- **Resolución 0312 de 2019**. Estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- **Ley 1562 de 2012**. Riesgos laborales y salud ocupacional.

Aspectos Tributarios y Contractuales

Se analizan las obligaciones fiscales y los contratos asociados al proyecto:

- **Impuesto de Industria y Comercio (ICA)**. Según las actividades económicas de la planta.
- Contratos de concesión o alianzas con gestores de residuos y empresas de reciclaje.

Consultas y Participación Comunitaria

Se incluyen procesos de consulta previa y socialización con las comunidades afectadas, de acuerdo con:

- **Ley 21 de 1991.** Convenio 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales.
- Estrategias para evitar conflictos legales con actores locales.

Cumplimiento y Monitoreo Legal

Se establece un plan de monitoreo legal para garantizar que la operación de la planta se mantenga dentro del marco normativo. Este plan incluye:

- Revisión periódica de normativas actualizadas.
- Auditorías legales para verificar el cumplimiento.

El estudio legal proporciona una base sólida para la implementación del proyecto, asegurando que todas las actividades cumplan con los requisitos normativos y minimizando riesgos legales que puedan afectar su viabilidad.

Estudio ambiental:

El **estudio ambiental** se centra en identificar, evaluar y mitigar los impactos ambientales asociados con la implementación de una planta de residuos sólidos en Corinto, Cauca. Este

análisis abarca aspectos fundamentales para garantizar que el proyecto sea sostenible y cumpla con las normativas ambientales vigentes (Franco y Montoya, 2012).

Identificación de Impactos Ambientales

Se lleva a cabo una evaluación integral de los posibles impactos sobre:

- **Recursos hídricos**. Análisis de posibles descargas y contaminación de fuentes de agua cercanas.
- **Suelo**. Efectos por la disposición de residuos y la construcción de la infraestructura.
- **Aire**. Emisiones de gases y partículas durante la operación de la planta.
- **Flora y fauna.** Alteración de ecosistemas locales por actividades del proyecto.
- **Social**. Efectos sobre la calidad de vida y salud de la comunidad.

Medidas de Mitigación

Se propone un conjunto de estrategias para minimizar los impactos ambientales:

- Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para prevenir contaminación hídrica.
- Adecuación de espacios para evitar la erosión y contaminación del suelo.
- Control de emisiones mediante filtros y tecnologías limpias.
- Reforestación y conservación de áreas verdes cercanas para preservar la biodiversidad.
- Programas de sensibilización y participación comunitaria en la gestión de residuos.

Licenciamiento Ambiental

Se evalúan los requisitos legales y normativos para la obtención de la licencia ambiental, gestionada ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Esto incluye:

- Presentación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- Definición de Planes de Manejo Ambiental (PMA).
- Identificación de la normativa aplicable (Ley 99 de 1993, Decreto 1076 de 2015, entre otros).

Gestión de Residuos y Economía Circular

Se promueve la integración de principios de economía circular:

- Aprovechamiento de residuos orgánicos mediante compostaje.
- Clasificación y reciclaje de materiales como plásticos, metales y vidrio.

- Generación de subproductos como biogás a partir de residuos orgánicos.

Evaluación de Riesgos Ambientales

Se realiza un análisis de riesgos para prever contingencias y diseñar planes de respuesta:

- Derrames y fugas.
- Generación de lixiviados.
- Incendios o accidentes en la operación.

Monitoreo y Seguimiento

Se establece un plan de monitoreo continuo para garantizar el cumplimiento de los objetivos ambientales:

- Control periódico de calidad del agua, suelo y aire.
- Revisión de la implementación de medidas de mitigación.
- Informes periódicos a las autoridades ambientales.

Beneficios Ambientales

Se proyectan beneficios significativos como:

- Reducción de la contaminación ambiental por una mejor gestión de residuos.
- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Contribución al desarrollo sostenible mediante la mejora de las condiciones ambientales y sociales en la región.

El estudio ambiental es fundamental para garantizar que la planta no sólo cumpla con las normativas legales, sino que también aporte al equilibrio ecológico y al bienestar de la comunidad.

Estudio financiero:

El estudio financiero tiene como objetivo evaluar la viabilidad económica del proyecto mediante la proyección de ingresos, costos y la utilización de herramientas financieras para determinar la rentabilidad y sostenibilidad económica. Este análisis considera tanto los recursos iniciales necesarios como los flujos de ingresos y egresos esperados durante la operación de la planta (Franco y Montoya, 2012).

En primer lugar, los gastos de inversión inicial previstos abarcan la preparación del terreno, el desarrollo de infraestructuras y la adquisición de equipos especializados como vehículos de transporte, compactadoras, trituradoras y maquinaria de separación. También se tienen en cuenta los gastos relacionados con los estudios técnicos, los trámites legales, la formación del personal y el diseño del proyecto. Los costes asociados a la puesta en marcha y las pruebas piloto también se consideran un componente integral de la inversión inicial.

Sin embargo, los costes de funcionamiento se distinguen en dos categorías: costes fijos y costes variables. El mantenimiento de equipos e infraestructuras, la remuneración de los empleados y los seguros de las instalaciones son ejemplos de costes fijos. Los insumos de explotación, el consumo de combustible y energía y los gastos relacionados con la eliminación final de los residuos no aprovechables son ejemplos de costes variables. También se tienen en cuenta otros costes corrientes, como los seguros de los activos y la promoción de iniciativas de educación medioambiental.

Para financiar el proyecto se están estudiando diversas posibilidades de financiación, entre ellas las aportaciones propias del municipio, préstamos bancarios, subvenciones públicas y donaciones de organizaciones no gubernamentales u organizaciones extranjeras. Para compartir la inversión inicial y los riesgos operativos con las empresas privadas interesadas en el proyecto, también se está evaluando la opción de establecer asociaciones público-privadas (APP).

Para generar ingresos, el proyecto pretende comercializar el compost y los materiales reciclables. También se prevén futuros ingresos procedentes de subvenciones o bonos verdes vinculados a iniciativas sostenibles, así como ingresos por servicios de gestión de residuos. Con el tiempo, estos beneficios servirían para financiar las operaciones de la fábrica.

En el análisis financiero que sigue se incluye una estimación del flujo de tesorería para el horizonte de evaluación, que proyecta los ingresos y gastos previstos durante 10 a 15 años. Este análisis determina las fases iniciales de estabilización y maduración del proyecto. Para evaluar la rentabilidad se utilizan parámetros financieros importantes como la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) para medir la creación de valor y el Periodo de Recuperación para calcular cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial. Para evaluar el impacto de los cambios en los gastos, ingresos o tipos de interés sobre la rentabilidad, también se realiza un análisis de sensibilidad.

1. Presupuestos Iniciales

- **Inversión Inicial:** $7.535.000.000 COP
- **Costos Operativos Anuales:** $400.000.000 COP (aumento del 2% anual)
- **Ingresos Anuales Estimados:** $2.000.000.000 COP (venta de reciclables, energía, y tarifas por manejo de residuos)
- **Tasa de Descuento:** 10%.

- **Horizonte de Evaluación:** 20 años
- **Crecimiento de Ingresos:** 3% anual
- **Crecimiento de Costos:** 2% anual

Inversión inicial

1. Compra del Lote:

- Área requerida: 2 a 5 hectáreas (2 a 5 lotes dependiendo del tamaño de la planta).
- Costo promedio por m² en Corinto, Cauca: $50.000 COP a $150.000 COP.
- Supuesto**:** 3 hectáreas (30.000 m²) a $100.000 COP/m²:

$$\text{Costo total} = 30.000m^2 * \frac{100.000COP}{m^2} = 3.000.000.000\ COP$$

2. **Diseño y Planos:**

- Diseño arquitectónico y estructural: $50.000.000 COP a $150.000.000 COP.
- Estudio técnico (suelo, impacto ambiental): $20.000.000 COP a $40.000.000 COP.

$$Costo\ total = 70.000.000\ \text{COP (promedio)}$$

3. Infraestructura y Equipos:

- **Construcción de instalaciones:**
  - Planta de clasificación: $3.000.000.000 COP a $5.000.000.000 COP.
  - Zona de compostaje: $300.000.000 COP a $600.000.000 COP.
  - Oficinas y servicios auxiliares: $200.000.000 COP a $400.000.000 COP.
- **Equipos necesarios:**
  - Cinta transportadora: $200.000.000 COP a $400.000.000 COP.
  - Trituradoras y compactadoras: $300.000.000 COP a $600.000.000 COP.
  - Prensa hidráulica: $100.000.000 COP a $300.000.000 COP.

$$Costo\ total\ estimado\ (infraestructura\ +\ equipos) = 4.000.000.000\ \text{COP}$$

4. Costos de Operación (Año 1):

- **Personal necesario:**
  - **Directores técnicos (2):** $60.000,000 COP.
  - **Operarios (15-20):** $150.000.000 COP.
  - **Mantenimiento y supervisión:** $30.000.000 COP.

$$Costo\ total\ de\ personal\ (anual) = 240.000.00\ \text{COP}$$

- **Gastos operativos (electricidad, agua, combustible):** $100.000.000 COP a $200,000,000 COP.
- **Mantenimiento de equipos:** $50.000.000 COP a $100.000.000 COP.

$$Costo\ total\ de\ operación = 400.000.00\ \text{COP}$$

Inversión Inicial Total Estimada en pesos colombianos:

1. **Compra del lote:** $3.000.000.000 COP.
2. **Diseño y planos:** $70.000.000 COP.
3. **Infraestructura y equipos:** $4.000.000.000 COP.
4. **Operación (año 1):** $400.000.000 COP.
5. **Profesionales:** $65.000.000 COP.

Total estimado: $7.535.000.000 COP.

4. Proyección del Flujo de Caja

Fórmula para cada año:

- **Ingresos del año t:**

$$Ingreso\ Año\ t = \text{Ingreso Año 1} * (1 + \text{crecimiento Ingresos})^{t-1}$$

- **Costos del año t:**

$$Costos\ Año\ t = \text{Costos Año 1} * (1 + \text{crecimiento Costos})^{t-1}$$

- **Flujo Neto del año t:**

$$Flujo\ Neto\ Año\ t = \text{Ingresos Año t} - \text{Costo Año t}$$

• **Año 1:**

- **Ingreso:** $2.000.000.000 COP
- **Costos operativos:** $400.000.000 COP
- **Flujo de caja neto:** $2.000.000.000 - $400.000.000 = **$300.000.000 COP**

• **Crecimiento de ingresos (3% anual):**

- Año 2: $2.000.000.000 * (1 + 0.03) = $2.060.000.000 COP
- Año 3: $2.060.000,000 * (1 + 0.03) = $2.121.800.000 COP
- Continuar con este cálculo durante 20 años.

- **Crecimiento de costos (2% anual):**

  - Año 2: $400,000,000 * (1 + 0.02) = $408,000,000 COP
  - Año 3: $408,000,000 * (1 + 0.02) = $416,160,000 COP
  - Continuar con este cálculo durante 20 años.

El flujo neto para los años posteriores se incrementa debido al crecimiento anual proyectado de ingresos (3%) y costos (2%). Este crecimiento genera una proyección de flujo neto anual como se muestra en la tabla:

Tabla 1

Proyección de flujo neto anual

Año	Ingresos (COP)	Costos (COP)	Flujo Neto (COP)
1	$ 2.000.000.000	$ 400.000.000	$ 300.000.000
2	$ 2.060.000.000	$ 408.000.000	$ 1.652.000.000
3	$ 2.121.800.000	$ 416.160.000	$ 1.705.640.000
4	$ 2.185.454.000	$ 424.483.200	$ 1.760.970.800
5	$ 2.251.017.620	$ 432.972.864	$ 1.818.044.756
6	$ 2.318.548.149	$ 441.632.321	$ 1.876.915.827
7	$ 2.388.104.593	$ 450.464.968	$ 1.937.639.625
8	$ 2.459.747.731	$ 459.474.267	$ 2.000.273.464
9	$ 2.533.540.163	$ 468.663.752	$ 2.064.876.410
10	$ 2.609.546.368	$ 478.037.027	$ 2.131.509.340
11	$ 2.687.832.759	$ 487.597.768	$ 2.200.234.991
12	$ 2.768.467.741	$ 497.349.723	$ 2.271.118.018
13	$ 2.851.521.774	$ 507.296.718	$ 2.344.225.056
14	$ 2.937.067.427	$ 517.442.652	$ 2.419.624.775
15	$ 3.025.179.450	$ 527.791.505	$ 2.497.387.944
16	$ 3.115.934.833	$ 538.347.335	$ 2.577.587.498
17	$ 3.209.412.878	$ 549.114.282	$ 2.660.298.596
18	$ 3.305.695.265	$ 560.096.568	$ 2.745.598.697
19	$ 3.404.866.122	$ 571.298.499	$ 2.833.567.623
20	$ 3.507.012.106	$ 582.724.469	$ 2.924.287.637

5. Indicadores Financieros

Valor Presente Neto (VPN)

Usando la fórmula:

$$\text{VPN} = \sum \frac{Flujo\ Neto_t}{(1+r)^{\wedge}{}_t} - Inversión\ Inicial$$

Donde:

- r = 10%
- T es el horizonte de evaluación (20 años)

Resultado: VPN = $8.288.509.834 COP (positivo, indicando que el proyecto genera valor).

Este es el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto, con una tasa de descuento del 10% y un horizonte de 20 años.

Tabla 2

Valor Presente Neto (VPN)

AÑO	FLUJO NETO (COP)	CALCULO VPN
0	Inversión inicial	-$ 7.535.000.000
1	$ 300.000.000	$ 272.727.273
2	$ 1.652.000.000	$ 1.365.289.256
3	$ 1.705.640.000	$ 1.281.472.577
4	$ 1.760.970.800	$ 1.202.766.751
5	$ 1.818.044.756	$ 1.128.862.755
6	$ 1.876.915.827	$ 1.059.470.053
7	$ 1.937.639.625	$ 994.315.504
8	$ 2.000.273.464	$ 933.142.333
9	$ 2.064.876.410	$ 875.709.168
10	$ 2.131.509.340	$ 821.789.122
11	$ 2.200.234.991	$ 771.168.942
12	$ 2.271.118.018	$ 723.648.191
13	$ 2.344.225.056	$ 679.038.497
14	$ 2.419.624.775	$ 637.162.827
15	$ 2.497.387.944	$ 597.854.818
16	$ 2.577.587.498	$ 560.958.140
17	$ 2.660.298.596	$ 526.325.895
18	$ 2.745.598.697	$ 493.820.059
19	$ 2.833.567.623	$ 463.310.949
20	$ 2.924.287.637	$ 434.676.724
VPN		$ 8.288.509.834,24

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a 0. Es decir, es la tasa a la que el flujo de caja neto actualiza su valor para que el proyecto sea rentable.

Se encuentra iterativamente resolviendo:

$$\sum \frac{Flujo\ Neto_t}{(1+TIR)^t} - Inversión\ Inicial = 0$$

Resultado: TIR = 21% (superior al 10% de tasa de descuento, indicando viabilidad financiera).

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El proyecto recupera la inversión inicial de $7.535.000.000 COP en 5.2 años

Año	Flujo Acumulado (COP)
1	$ 300.000.000,00
2	$ 1.952.000.000,00
3	$ 3.657.640.000,00
4	$ 5.418.610.800,00
5	$ 7.236.655.556,00
6	$ 9.113.571.383,32
7	$ 11.051.211.008,67
8	$ 13.051.484.472,46
9	$ 15.116.360.882,84
10	$ 17.247.870.223,05
11	$ 19.448.105.213,74
12	$ 21.719.223.231,83
13	$ 24.063.448.287,70
14	$ 26.483.073.062,42
15	$ 28.980.461.006,90
16	$ 31.558.048.504,77
17	$ 34.218.347.100,93
18	$ 36.963.945.797,80
19	$ 39.797.513.421,25
20	$ 42.721.801.058,39

6. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad que sigue es un instrumento crucial para evaluar la resistencia del proyecto a posibles cambios en sus parámetros financieros cruciales. Este análisis muestra cómo puede verse afectada la rentabilidad del proyecto por ajustes en los gastos de explotación, los ingresos o el tipo de descuento. Al conocer estas diferencias, se pueden predecir los riesgos y establecer planes de mitigación que garanticen la sostenibilidad del proyecto en diversas condiciones.

Incremento en costos operativos del 10%:

- **Impacto.** Aumentar los costos operativos reducirá los flujos de caja disponibles. Esto afectará negativamente el Valor Presente Neto (VPN) y podría disminuir la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- **Conclusión.** Se debe calcular el nuevo VPN y TIR considerando este incremento para evaluar si el proyecto sigue siendo rentable.

Reducción en ingresos del 10%:

- **Impacto.** Una reducción en los ingresos disminuirá los flujos de caja del proyecto, afectando más drásticamente el VPN y la TIR. Si el proyecto depende de altos márgenes, este cambio podría hacer que el VPN se vuelva negativo.
- **Conclusión.** La reducción de ingresos podría comprometer la viabilidad financiera del proyecto, especialmente si los márgenes son ajustados.

Tasa de descuento del 12%:

- **Impacto.** El VPN de $8.288.509.834,24 ya está calculado con una tasa de descuento del 12%. Cambiar esta tasa (aumentándola o reduciéndola) podría variar significativamente el VPN.
- **Conclusión.** Una tasa de descuento del 12% refleja un retorno esperado razonable, pero es importante verificar si esta tasa captura adecuadamente el riesgo del proyecto.

Datos clave:

- **VPN actual:** $8.288.509.834,24 muestra que el proyecto es rentable en términos absolutos con la tasa de descuento actual.
- **TIR actual:** 21% es superior a la tasa de descuento del 12%, lo que indica que el proyecto genera retornos adicionales.
- **Inversión inicial:** $7.535.000.000 es un monto importante, pero los indicadores actuales respaldan la inversión bajo las condiciones base.

Por último, se proponen estrategias de sostenibilidad financiera que incluyen la diversificación de los ingresos mediante la exploración de nuevos mercados para productos reciclados y compost, la reducción de costos a través de tecnologías eficientes y la optimización de procesos, así como la integración de actores locales para fortalecer la cadena de valor. Adicionalmente, se contempla la certificación del proyecto para la generación de ingresos por créditos de carbono, aprovechando las oportunidades que ofrece la economía verde.

Estrategias de Sostenibilidad Financiera

1. **Diversificación de Ingresos:**

Exploración de nuevos mercados. Desarrollar alianzas con empresas manufactureras interesadas en adquirir materiales reciclados (plásticos, metales, vidrio) como insumos para sus procesos. Adicionalmente, posicionar el compost como un producto de alta calidad para agricultores, jardineros urbanos y proyectos de reforestación.

Desarrollo de productos innovadores. Crear productos secundarios con valor agregado, como eco-ladrillos, paneles aislantes o materiales para construcción a partir de residuos reciclados.

Educación y sensibilización. Implementar programas educativos y talleres pagados sobre manejo de residuos y compostaje para comunidades y empresas.

2. **Reducción de Costos:**

Inversión en tecnologías eficientes. Incorporar maquinaria de clasificación automatizada que reduzca tiempos y costos operativos. Implementar sensores inteligentes para monitorear el consumo energético y optimizarlo.

Economías circulares internas. Reutilizar residuos generados dentro del proceso para disminuir la dependencia de insumos externos, como el uso de biomasa o gases de descomposición para generación de energía en sitio.

Optimización de procesos. Aplicar metodologías de mejora continua (como Lean Management) para reducir desperdicios, tiempos muertos y costos innecesarios en las operaciones.

3. **Integración de Actores Locales:**

Alianzas con recolectores de base. Formalizar a los recolectores y capacitarlos para fortalecer la calidad de los materiales reciclados y fomentar la inclusión social.

Participación comunitaria. Implementar programas de incentivos para ciudadanos y pequeñas empresas que separen residuos adecuadamente, creando redes locales de suministro de materiales reciclados.

Desarrollo de cadenas de valor locales. Promover la creación de negocios secundarios (artesanías, manufactura básica) que utilicen los materiales reciclados como base.

4. **Certificación para Créditos de Carbono:**

Cálculo de emisiones evitadas. Realizar estudios detallados sobre las emisiones de CO2 evitadas mediante la planta, incluyendo la reducción en la disposición de residuos en vertederos y la generación de energía renovable.

Registro y certificación. Inscribir el proyecto en estándares internacionales como el *Gold Standard* o *Verified Carbon Standard* para obtener certificaciones que permitan acceder a mercados de créditos de carbono.

Alianzas estratégicas. Identificar socios internacionales interesados en adquirir créditos de carbono, fortaleciendo la sostenibilidad financiera del proyecto.

5. **Aprovechamiento de la Economía Verde:**

Subsidios y financiamiento. Buscar fondos gubernamentales o internacionales enfocados en sostenibilidad y economía circular.

Marketing verde. Destacar los beneficios ambientales y sociales del proyecto para atraer clientes y financiamiento con un enfoque en responsabilidad social corporativa (RSC).

Innovación tecnológica. Participar en programas de investigación y desarrollo para aplicar tecnologías de vanguardia que incrementen la eficiencia y rentabilidad.

Discusión.

El análisis realizado sobre la prefactibilidad para la implementación de una planta de residuos sólidos en Corinto, Cauca, está alineado con los objetivos del estudio y permite abordar las diferentes áreas de evaluación desde los aspectos técnicos, legales, ambientales, financieros y del entorno. A continuación, se interpretan los resultados obtenidos en relación con los objetivos específicos del estudio, se comparan con la literatura existente y se discuten sus implicaciones y limitaciones.

1. Diagnóstico de la Situación Actual de los Residuos Sólidos en Corinto

- **Resultado**. El diagnóstico reveló una gestión inadecuada de residuos sólidos en Corinto. Se identificó que gran parte de los residuos son dispuestos en vertederos no controlados, lo que genera impactos ambientales negativos en el municipio. La tasa de reciclaje es muy baja y la infraestructura para la recolección, clasificación y tratamiento de residuos es insuficiente.
- **Comparación con la literatura**. Este resultado es consistente con la realidad observada en otras zonas rurales de Colombia y América Latina, donde la falta de infraestructura, personal capacitado y educación ambiental limita la eficiencia en la gestión de residuos (Tipán y Yánez, 2011).
- **Implicaciones**. La implementación de una planta de residuos sólidos puede ser una solución para mejorar la gestión de residuos, contribuir a la conservación del medio ambiente y promover la economía circular. Sin embargo, es fundamental acompañar la iniciativa con campañas educativas sobre la separación de residuos desde el hogar y la importancia del reciclaje.

2. Fortalecimiento de las Estrategias de Conservación Ambiental del Municipio

- **Resultado**. La planta propuesta tiene el potencial de fortalecer las estrategias de conservación ambiental del municipio, al reducir la contaminación del suelo, aire y agua. Además, se ha identificado la oportunidad de generar compost a partir de los residuos orgánicos, lo que contribuiría a mejorar la calidad del suelo.
- **Comparación con la literatura**. Este resultado concuerda con estudios previos que demuestran cómo la gestión eficiente de residuos sólidos contribuye significativamente a la protección de los recursos naturales (Castañeda-Meneses, 2024). La implementación de sistemas de reciclaje y compostaje ayuda a minimizar la contaminación y a generar productos útiles para la comunidad.
- **Implicaciones**. La planta puede convertirse en un punto clave para la conservación ambiental en Corinto. Sin embargo, para ser efectiva, es necesario un sistema de recolección y clasificación adecuado y la participación activa de la comunidad.

3. Análisis Descriptivo y Cuantitativo de los Aspectos Técnicos, Entorno, Legal y Ambiental para la Implementación de la Planta

- **Resultado**. El estudio técnico mostró que es posible construir una planta de residuos sólidos en Corinto, tomando en cuenta las características del terreno, el tipo de residuos generados y las tecnologías disponibles para su tratamiento. En cuanto al entorno, la ubicación de la planta fue analizada, considerando la proximidad a áreas residenciales y fuentes de agua. En el ámbito legal, se evaluaron los permisos y licencias necesarios para operar la planta, cumpliendo con la legislación ambiental colombiana. Además, se evaluaron los impactos ambientales de la planta, destacando la importancia de implementar medidas de mitigación para la reducción de lixiviados y emisiones de metano.
- **Comparación con la literatura**. Los estudios técnicos y legales en la literatura coinciden en la necesidad de analizar la localización adecuada de la planta, el cumplimiento de las normativas ambientales y la adopción de tecnologías de tratamiento de residuos eficientes. Además, las implicaciones ambientales de la planta, como la generación de lixiviados y gases de efecto invernadero, son bien documentadas en la literatura (Paredes Rodriguez, 2023).
- **Implicaciones**. La implementación de la planta debe considerar todos los aspectos técnicos y legales, además de contar con una planificación ambiental robusta para minimizar los impactos negativos. Es esencial que las autoridades locales estén involucradas desde el inicio del proyecto para garantizar el cumplimiento normativo.

4. Estudio Descriptivo y Cuantitativo de los Aspectos del Entorno para la Implementación de la Planta

- **Resultado**. En el estudio del entorno, se identificó que la planta de residuos sólidos puede contribuir al desarrollo local, generando empleo y mejorando la infraestructura. Sin embargo, se observó que el acceso a servicios básicos, como el agua y el transporte, puede representar un desafío logístico.
- **Comparación con la literatura**. La literatura sugiere que los proyectos de gestión de residuos pueden tener un impacto positivo en el desarrollo local, promoviendo la creación de empleo y mejorando las condiciones de vida (Sbergamo, 2018). Sin embargo, la falta de infraestructura básica y el acceso a servicios puede dificultar la implementación de la planta.
- **Implicaciones.** La planta puede ser un motor de desarrollo para Corinto, pero será necesario un enfoque integral que también aborde los problemas de infraestructura y acceso a servicios básicos.

5. Estudio Descriptivo y Cuantitativo de los Aspectos Legales para la Implementación de la Planta

- **Resultado**. Se identificaron los requisitos legales para la construcción y operación de la planta, como la obtención de licencias ambientales y permisos de la ANLA (Agencia Nacional de Licencias Ambientales). El cumplimiento de la legislación ambiental colombiana es un requisito fundamental para la viabilidad del proyecto.
- **Comparación con la literatura**. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021), en Colombia las plantas de tratamiento de residuos deben cumplir con estrictos requisitos legales para operar (Ley 99 de 1993 y Ley 1672 de 2013). La literatura también resalta la importancia de cumplir con las normativas ambientales locales e internacionales para evitar sanciones y promover la sostenibilidad.
- **Implicaciones.** Es crucial que el proyecto se ajuste a la legislación vigente para evitar conflictos legales y garantizar su sostenibilidad a largo plazo. La obtención de permisos puede ser un proceso largo y complejo, por lo que es necesario contar con un equipo legal especializado.

6. Estudio Descriptivo y Cuantitativo de los Aspectos Ambientales para la Implementación de la Planta

- **Resultado.** Los aspectos ambientales evaluados incluyen los posibles impactos de la planta, como la contaminación del aire y el agua debido a la generación de lixiviados y gases de metano. Se identificaron medidas de mitigación, como la instalación de sistemas de captación de gases y tratamiento de lixiviados, para minimizar estos impactos.

- **Comparación con la literatura**. El manejo adecuado de los impactos ambientales derivados de las plantas de residuos sólidos es un tema ampliamente tratado en la literatura. La adopción de tecnologías para el tratamiento de lixiviados y la captura de metano es esencial para mitigar los efectos negativos (Paredes Rodriguez, 2023).
- **Implicaciones**. La planta debe ser diseñada de manera que minimice los impactos ambientales. La implementación de medidas de control y monitoreo será clave para garantizar que la planta opere de manera sostenible.

7. Evaluación de la Viabilidad Financiera del Proyecto

- **Resultado**: El análisis financiero mostró que el proyecto tiene un costo inicial alto, pero que es viable a largo plazo debido a los ingresos potenciales por la venta de materiales reciclables y compost. Se estimó un retorno positivo de la inversión, con una tasa interna de retorno (TIR) favorable del 21% (superior al 10% de tasa de descuento, indicando viabilidad financiera) y una VPN de $8.288.509.834 COP (positivo, indicando que el proyecto genera valor).

- **Comparación con la literatura**: Estudios previos han demostrado que los proyectos de reciclaje y tratamiento de residuos, cuando se gestionan de manera eficiente, pueden ser financieramente sostenibles (Rivas, 2021). La venta de materiales reciclables y la generación de compost pueden constituir fuentes importantes de ingresos para la planta.
- **Implicaciones**: El proyecto es financieramente viable, pero será necesario contar con una fuente de financiamiento inicial debido a los altos costos de inversión. Además, la correcta gestión de los costos operativos y la diversificación de fuentes de ingresos será crucial para asegurar la rentabilidad del proyecto a largo plazo.

CONCLUSIONES

El análisis de prefactibilidad muestra que la implementación de una planta de residuos sólidos en Corinto, Cauca, es viable siempre y cuando se cumplan los requisitos técnicos, legales y ambientales, y se garantice un modelo financiero sostenible. Este proyecto tiene el potencial de mitigar los problemas actuales de contaminación, fomentar prácticas de reciclaje y compostaje, y mejorar la calidad de vida de los habitantes, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región.

El estudio financiero es una herramienta clave para demostrar la rentabilidad a largo plazo de la planta de residuos sólidos. Su implementación dependerá del acceso a fuentes de financiamiento adecuadas, un modelo de negocio sólido y una gestión eficiente que permita maximizar los beneficios económicos y sociales del proyecto.

Los resultados obtenidos indican que la implementación de una planta de residuos sólidos en Corinto es un proyecto viable, tanto técnica como financieramente, que puede mejorar significativamente la gestión de residuos y contribuir al desarrollo sostenible del municipio. Sin embargo, es esencial que el proyecto aborde las limitaciones identificadas, como la falta de infraestructura básica, la obtención de permisos y la capacitación del personal. La participación activa de la comunidad y las autoridades locales también será clave para garantizar el éxito del proyecto.

Contribución a los ODS

El proyecto tiene un impacto significativo en varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas. A continuación, se detallan las contribuciones específicas del proyecto a estos objetivos:

ODS 3: Salud y Bienestar

Meta 3.9. Reducir el número de muertes y enfermedades por productos químicos peligrosos y contaminación del aire, agua y suelo.

- **Contribución del Proyecto.** La gestión adecuada de residuos sólidos reduce la contaminación ambiental y mejora la salud pública, disminuyendo la incidencia de enfermedades respiratorias y gastrointestinales causadas por la disposición inadecuada de residuos.

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento

Meta 6.3. Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando los vertidos y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos.

- **Contribución del Proyecto.** La implementación de una planta de residuos sólidos previene la contaminación de cuerpos de agua locales al gestionar correctamente los residuos, protegiendo así los recursos hídricos del municipio de Corinto.

ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico

Meta 8.3. Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de empleo decente, el emprendimiento, la creatividad y la innovación.

- **Contribución del Proyecto:** La planta de residuos sólidos generará nuevas oportunidades de empleo en el sector de la gestión de residuos y reciclaje, promoviendo el crecimiento económico local y mejorando las condiciones de trabajo.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

Meta 11.6: Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otros tipos.

- **Contribución del Proyecto.** El proyecto promueve la gestión sostenible de residuos sólidos, mejorando la limpieza y habitabilidad de las áreas urbanas y rurales de Corinto.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables

Meta 12.5. Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclaje y reutilización.

- **Contribución del Proyecto.** La planta de residuos sólidos fomentará prácticas de reciclaje y reutilización, reduciendo la cantidad de residuos que terminan en vertederos y promoviendo una economía circular en el municipio.

ODS 13: Acción por el Clima

Meta 13.2. Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

- **Contribución del Proyecto.** La gestión adecuada de residuos sólidos y la reducción de la emisión de metano contribuyen a la mitigación del cambio climático, alineándose con las políticas de acción climática y sostenibilidad.

ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres

Meta 15.1. Asegurar la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas terrestres y de agua dulce.

- **Contribución del Proyecto.** Al prevenir la contaminación del suelo y los cuerpos de agua, el proyecto contribuye a la conservación de la biodiversidad local y la salud de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

El proyecto apoya de manera significativa el cumplimiento de varios ODS, promoviendo un desarrollo sostenible integral que beneficia tanto al medio ambiente como a la comunidad local. Este enfoque holístico es crucial para abordar los desafíos ambientales y sociales actuales y futuros.

Impacto del trabajo al desarrollo sostenible

A continuación, se presenta la medición y monetización del impacto de hacer esta investigación bajo la metodología SROI. Para mayor información ver Anexo 2.

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD															
TEORIA DEL CAMBIO						RETORNO SOCIAL DE LA INVERSIÓN - SROI									
GRUPO DE INTERÉS	NECESIDAD O PROBLEMA A RESOLVER	INSUMOS	ACTIVIDADES	PRODUCTOS	RESULTADOS, OUTCOMES O BENEFICIOS	INDICADOR	DURACIÓN DEL BENEFICIO	PROXY	FUENTE PROXY	VALOR BRUTO DEL OUTCOME (Multiplicar el proxy por el Indicador)	ATRIBUCIÓN O PESO MUERTO (Si aplica)	DESPLAZAMIENTO (Si aplica)	DECRECIMIENTO (Si aplica)	VALOR NETO (Valor bruto corregido con atribución, desplazamiento y decrecimiento)
Empresa de Aseo EMCORINTO, Alcaldía Municipal y Habitantes de zona urbana del municipio de Corinto Cauca	El mal manejo de los residuos solidos en la zona urbana del municipio de Corinto Cauca	Profesional del área ambiental	Entrevista con personas de casa domesticas en zona urbana	Sistematización de un diagnostico	Reducción de la contaminación ambiental en cabecera municipal de Corinto	Número de viviendas implementando la separación de residuos solidos en cabecera municipal de Corinto en un año 100	1 años (Los beneficios buscan incrementar con el tiempo, sin embargo en el tiempo estimado el beneficio será mas significativo)	Costos de la insumos para la implementación estrategias de recolección de residuos solidos eficiente $ 300.000	Fuente Propia (Información basada en supuestos y/o aproximaciones)	$ 30.000.000	La empresa EMCORINTO, viene realizando acciones en pro de la reducción ambiental y la conservación de los recursos naturales 10%	N/A	Se estima un % bajo debido a que el proyecto busca generar acciones que fortalezcan los beneficios aunque no desconoce que se puedan presentar desinteres por parte de la poblacion principal que es la comunidad 2%	$ 70.704.000
		Profesional de Administración de Empresas	Entrevista con Comite de empresa de aseo		Generación de empleo en la implementación de una planta de residuos solidos	Número de empleos directos 3	1 Año (La vinculación de personal tendria un incremento significativo al inicio de su implementación)	Costo de profesionales del área ambiental, administrativa y/o financiera por un año $ 13.000.000		$ 720.000.000	N/A	N/A	Se estima un % bajo debido a que el proyecto busca generar acciones que fortalezcan los beneficios aunque no desconoce que se puedan presentar desinteres por parte de la poblacion principal que es la comunidad 2%	$ 694.848.000
		Papeleria	Entrevista con representante de los recicladores del municipio		Mejoramiento de la salud pública debido a la reducción de desechos mal gestionados	Informe con número de personas contagiadas con dengue o enfermedades transmitidas por mosquitos o plagas en el municipio de Corinto 1	1 años (Los beneficios buscan incrementar con el tiempo, sin embargo en el tiempo estimado el beneficio será mas significativo)	El costo de una consultoria para asesorar de reducción de casos de enfermedades transmitidas por mosquitos o plagas en un año $ 6.000.000		$ 6.000.000	Desde la Secretaria de Salud se realizan campañas contra el dengue y enfermedades contagiosas 20%	N/A	Se estima un decrecimiento del 5% debido a que puede verse afectado el beneficio por incremento de epidemias por condiciones climaticas 5%	$ 3.800.000
		Celulares para recolección de datos	Jornadas formativas sobre la regla de las tres R (Reducir, Reciclar, Reutilizar) para la concientización de la población en la generación de residuos solidos	Sanción de apoyo para el fortalecimiento de las educación ambiental en el municipio de Corinto	Contribución a la economía circular por medio de un manejo eficiente de los residuos solidos	Numero de familias generando reciclaje de la población de zona urbana del municipio de Corinto 100	1 años (Los beneficios buscan incrementar con el tiempo, sin embargo en el tiempo estimado el beneficio será mas significativo)	Costos de insumos y logistica de recolección de reciclaje $ 300.000		$ 30.000.000	La empresa EMCORINTO, viene realizando acciones en pro de la reducción ambiental y la conservación de los recursos naturales 10%	N/A	Se estima un % bajo debido a que el proyecto busca generar acciones que fortalezcan los beneficios aunque no desconoce que se puedan presentar desinteres por parte de la poblacion principal que es la comunidad 2%	$ 70.704.000
		Regimenes para el fortalecimiento de la cultura ciudadana													
		Viaticos de desplazamiento a vertedero de basura del equipo de trabajo	Recorridos piloto de la recolección de residuos solidos para una mejor clasificación y aprovechamiento	Sanción de acompañamiento técnico para la implementacion de alternativas de recolección de residios solidos	Reconocimiento social del territorio por acciones ambientales que fortalecen las acciones contra el cambio climatico	Implementación de estrategia de comunicación 1	1 Meses (Las noticias caen rapidamente, en este caso se estima una mayor difusion al inicio de su implementación)	Estrategia de comunicación implementada $ 10.000.000		$ 10.000.000	N/A	N/A	Se estima un % bajo debido a que el proyecto busca generar acciones que fortalezcan los beneficios aunque no desconoce que se puedan presentar desinteres por parte de la poblacion principal que es la comunidad 2%	$ 9.800.000
		Diseño de planta de residuos solidos	Visita de seguimiento al punto de disposicion final de los residuos solidos del municipio		Concesión de cultura ciudadana en el territorio para la conservación ambiental	Numero de jornadas para la adecuada separación de residuos solidos 24	1 años (Los beneficios buscan incrementar con el tiempo, sin embargo en el tiempo estimado el beneficio será mas significativo)	Costos de profesionales y logistica para jornadas de concientización sobre conservación ambiental $ 550.000		$ 13.200.000	La empresa EMCORINTO, viene realizando acciones en pro de la reducción ambiental y la conservación de los recursos naturales 10%	N/A	Se estima un % bajo debido a que el proyecto busca generar acciones que fortalezcan los beneficios aunque no desconoce que se puedan presentar desinteres por parte de la poblacion principal que es la comunidad 2%	$ 11.660.000

BIOGRAFÍA DE LAS AUTORAS

Autoras:

María Isabel Builes Taborda es ingeniera y tecnóloga ambiental, actualmente cursando una Maestría en Sostenibilidad. Con amplia experiencia en la implementación y mantenimiento de sistemas de gestión ambiental en empresas como Simex y Soinco, ha trabajado en la obtención de certificaciones ISO 14001:2015 y en la elaboración de informes de sostenibilidad alineados con estándares como GRI, Ecovadis y CDP. Su enfoque incluye la gestión de huella hídrica y GEI, auditorías ambientales y el diseño de estrategias de movilidad sostenible. Participante activa en foros de sostenibilidad, se especializa en la optimización de procesos industriales hacia la economía circular y la reducción de emisiones, buscando soluciones innovadoras para la conservación ambiental.

Paola Andrea Montaño es administradora de empresas agropecuarias, con especialización en Gerencia Social y estudiante de Maestría en Sostenibilidad; cuenta con una experiencia de más de diez años en el acompañamiento a comunidades del sector agropecuarios para el fortalecimiento de unidades productivas que permitan y fomenten el desarrollo integral en la zona rural del Cauca y el Valle del Cauca. Participante activa de formaciones para la implementación de planes comunitarios en organizaciones rurales y en la aplicación de herramientas y metodologías de análisis en la extensión rural, buscando que desde las comunidades rurales contribuyan con la sostenibilidad y conservación ambiental.

Agradecimientos y reconocimientos.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de alguna manera al desarrollo de este trabajo de grado, "Análisis de Prefactibilidad para la Implementación de Planta de Residuos Sólidos".

En primer lugar, agradecemos a Jorge Harley Guerrero por su orientación, apoyo y dedicación durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para la realización de este proyecto.

También queremos reconocer y agradecer a la alcaldía de Corinto Cauca y a la empresa de aseo EMCORINTO quienes brindaron su colaboración y participación en la recopilación de datos, análisis y revisión del trabajo.

Además, expresamos nuestra gratitud a todas las personas que participaron como entrevistados o proporcionaron información relevante para este estudio. Su contribución fue invaluable y fundamental para obtener resultados significativos.

Este logro no habría sido posible sin el esfuerzo y la colaboración de todos los involucrados, y estamos sinceramente agradecidas por su contribución al éxito de este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Behrens, W. y Hawranek, P. M. (1996). *Manual for the preparation of industrial feasibility studies (pp. 176-181).* Vienna: United Nations Industrial Development Organization.

Brundtland, G. H. (1997). Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988). *Nuestro futuro común*.

Castañeda-Meneses, P. L. (2024). Buenas prácticas ambientales en hogares de Valparaíso Metropolitano, Chile. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*(13). doi:http://dx.doi.org/10.18800/kawsaypacha.202401.a002

Castells, X. E. (2012). Sistemas de tratamiento térmico. La incineración: Tratamiento y valorizacion energética de residuos. *Ediciones Díaz de Santos*.

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2024). Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. República de Colombia. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=78153

DNP, MinVivienda y MinAmbiente. (2022). *Guía nacional para la adecuada separación de residuos sólidos.* Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, Colombia.

Franco, M. A. y Montoya, L. M. (2012). Aplicación de la metodología ONUDI para proyectos de crecimiento orgánico en grupo EMI. *Doctoral dissertation, Universidad EAFIT*. Obtenido de http://hdl.handle.net/10784/1148

Gomez, E. y Diez Benjumea, J. (2015). *Evaluación financiera de proyectos.* Medellin, Colombia: Gomez Salazar, Elkin A.

Granzotto, F., Aita, C., Silveira, D. D., Mayer, F. D., Pujol, S. B., Pinas, J. A. y Hoffmann, R. (2021). Use of anaerobic biodigestor in the treatment of organic waste from a university restaurant. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 9*(5), 105795. doi:https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105795

Jain, S., S., J., Wolf, I. T., Lee, J. y Tong, Y. W. (2015). A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 52*, 142-154. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.091

Khajuria, A., Yamamoto, Y. y Morioka, T. (2010). Estimation of municipal solid waste generation and landfill area in Asian developing countries. *Journal of environmental biology, 31*(5), 649-654.

Lett, L. A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista argentina de microbiología, 46*(1), 1-2. doi:10.1016/S0325-7541(14)70039-2

MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology, 2*(1), 23-44.

MacArthur, E. y McKinsey. (2014). Towards the circular economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. *World Economic Forum*, 13-54. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf

Matheri, A. N., Ntuli, F., Ngila, J. C., Seodigeng, T., Zvinowanda, C. y Njenga, C. K. (2018). Quantitative characterization of carbonaceous and lignocellulosic biomass for anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92*, 9-16. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.070

McLeod, S. (2021). Feasibility studies for novel and complex projects: Principles synthesised through an integrative review. *Project Leadership and Society, 2*, 100022. doi:https://doi.org/10.1016/j.plas.2021.100022

Minambiente (2022). *Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y plan de acción 2022-2030.* (N. Bedoya Rodriguez, Ed.) Bogotá, Colombia: Punto aparte.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). Lineamientos ambientales para el ordenamiento de las actividades industriales de mediana y pequeña escala en suelo rural.

Negro, M. J., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M. V. y Zaragoza, C. (2000). Producción y gestión del compost.

Paredes Rodriguez, E. D. (2023). MODELO DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. *Revista de Investigaciones, 12*(1), 43-64. doi:https://doi.org/10.26788/ri.v12i1.3984

Rivas, M. C. (2021). Análisis económico y financiero en el manejo integral de residuos sólidos en los municipios de la Zona 4 del Ecuador. *M+A, revista electrónica de medioambiente, 22*(2), 40-59.

Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E. y Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Obtenido de CEPAL: https://hdl.handle.net/11362/40407

Sanahuja, J. A. y Tezanos Vázquez, S. (2017). Del milenio a la sostenibilidad: retos y perspectivas de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. doi:https://doi.org/10.5209/POSO.51926

Sánchez, P. C. (1998). El comercio internacional de desechos y la protección del medio ambiente. La Organización Mundial del Comercio y el Convenio de Basilea sobre movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación. *Anuario español de derecho internacional, 14*, 651-694. doi:https://doi.org/10.15581/010.14.28519

Sbergamo, A. L. (2018). *Política ambiental y desarrollo: La gestión integral de residuos sólidos urbanos y el desarrollo local sustentable en el conurbano bonaerense*. Master's thesis, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.

Suárez Gómez, C. I. (2000). Problemática y gestión de residuos sólidos peligrosos en Colombia. *Innovar. Revista de ciencias administrativas y sociales*(15), 41-52.

Tipán, R. y Yánez, J. (2011). *Modelo de gestión de residuos sólidos en áreas rurales*. Proyecto previo a la obtención del Título de ingeniería ambiental.

Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. *Educación química, 24*(2), 199-206. doi:10.1016/S0187-893X(13)72463-7

Wanore, T. D., Angello, Z. A. y Fetanu, Z. M. (2023). Optimized landfill site selection for municipal solid waste by integrating GIS and multicriteria decision analysis (MCDA) technique. *Heliyon, 9*(11). doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21257

World Wildlife Fund. (1980). *Estrategia mundial para la conservación: la conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido*. IUCN.

Xu, L. y Li, Z. (2024). The impact of “Internet plus” enterprises on municipal solid waste classification and social welfare: An example from China. *Technological Forecasting and Social Change, 200*, 123185. doi:https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123185

Zhao, X., Li, L., Wu, D., Xiao, T., Ma, Y. y Peng, X. (2019). Modified Anaerobic Digestion Model No. 1 for modeling methane production from food waste in batch and semi-continuous anaerobic digestions. *Bioresource technology, 271*, 109-117. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.091