

# GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

@ Daniel Hernández



# Guía para la implementación de sistemas de gestión de residuos orgánicos

---

## Apoyado por

Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Programa de GIZ Colombia

Programa Empleos Verdes en la  
Economía Circular (PREVEC)

Sarah Hirsch, Coordinadora PREVEC

Calle 125 No.19-24, oficina 701,  
Bogotá – Colombia

## Autores

Vishwas Vidyaranya, Juan Carlos  
Burgos, Alejandra Garay Beltrán.

## Revisoras externas:

Fabiola Moreno.

## Cita sugerida

Vidyaranya, V., Burgos J., &  
Garay, A., (2023). Guía para la  
implementación de sistemas de  
gestión de residuos orgánicos. GIZ  
Colombia & Ambire Global.

## Diseño y diagramación

**.Puntoaparte**  
Editores

## .PUNTOAPARTE EDITORES

[www.puntoaparte.com.co](http://www.puntoaparte.com.co)

Dirección editorial  
Andrés Barragán

Revisión editorial  
Juan Mikán  
Andrés Hernández

Dirección de arte  
Nicolás Carvajal  
Jeisson Reyes

Diseño y diagramación  
Julieta Cruz

## Por encargo del

Ministerio Federal de Cooperación Económica  
y Desarrollo (BMZ) de Alemania. Esta  
publicación ha sido apoyada por el Programa  
Empleos Verdes en la Economía Circular  
(PREVEC) que está implementado por la  
Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y sus  
contrapartes colombianas, por encargo del  
Ministerio Federal de Cooperación Económica  
y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Las ideas vertidas en el texto son  
responsabilidad exclusiva de los autores y no  
comprometen la línea institucional de la GIZ.

Se autoriza la reproducción total del presente  
documento, sin fines comerciales, citando  
adecuadamente la fuente.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# ÍNDICE

Abreviaturas, acrónimos y unidades de medida ..... 6

## 1. Introducción

7 pág.

## 2. Etapa 1: línea base

10 pág.

<b>2.1</b>	Información técnica .....	11
	Cantidad de residuos .....	11
	Composición de los residuos .....	11
	Proyección de generación de residuos orgánicos .....	12
<b>2.2</b>	Información operativa .....	13
<b>2.3</b>	Información económica.....	14

## 3. Etapa 2: estudio de viabilidad

15 pág.

<b>3.1</b>	Evaluación de tecnologías .....	17		
	Tecnologías .....	17		
	Parámetros de evaluación de tecnologías .....	19		
	Matriz de análisis .....	20		
<b>3.2</b>	Evaluación financiera .....	21		
	Supuestos económicos .....	21		
	Costos .....	22		
	Ingresos .....	22		
			Flujos de caja .....	22
			Rentabilidad .....	23
			Escenarios de sensibilidad .....	23
<b>3.3</b>	Riesgos y medidas de mitigación .....	24		
	Riesgos técnicos .....	25		
	Riesgos operacionales .....	27		
	Riesgos económicos .....	29		
	Riesgos legales .....	31		





- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# 4.

## Etapa 3: estructuración del proyecto

33 pág.

<b>4.1</b>	Sistemas descentralizados .....	35
<b>4.2</b>	Sistemas centralizados .....	36
<b>4.3</b>	Gobernanza .....	37
<b>4.4</b>	Definición de la financiación para el proyecto .....	38
<b>4.5</b>	Selección de proveedores .....	38
<b>4.6</b>	Contratos .....	39
<b>4.7</b>	Operación .....	40

# 5.

## Adjudicación de contratos

41 pág.

<b>5.1</b>	Adjudicación de todo en conjunto ...	43
<b>5.2</b>	Adjudicación por partes .....	44

# 6.

## Resumen

45 pág.

<b>Bibliografía</b> .....	47
---------------------------	----





# LISTA DE FIGURAS

<b>Ilustración 1.</b> Etapas para la implementación de un proyecto de gestión de residuos .....	8
<b>Ilustración 2:</b> recolección de información .....	11
<b>Ilustración 3.</b> Secuencia para el manejo de residuos .....	13
<b>Ilustración 4.</b> Pasos para realizar el estudio de viabilidad del proyecto .....	16
<b>Ilustración 5.</b> Ejemplo de una matriz para evaluación de tecnologías .....	20
<b>Ilustración 6.</b> Diagrama del proceso de la evaluación financiera .....	21
<b>Ilustración 7.</b> Diagrama de estimación del flujo de caja neto .....	22
<b>Ilustración 8.</b> Ejemplo de análisis de sensibilidad .....	23
<b>Ilustración 9.</b> Posibles riesgos en el desarrollo del proyecto .....	24
<b>Ilustración 10.</b> Estructuración del proyecto .....	34
<b>Ilustración 11.</b> Diagrama EPCM .....	39
<b>Ilustración 12.</b> Licitación de un proyecto .....	42
<b>Ilustración 13.</b> Diagrama del modelo EPC .....	43

# LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen información bibliográfica entregada por GIZ .....	9
<b>Tabla 2.</b> Ejemplos de tecnologías .....	17
<b>Tabla 3.</b> Matriz de riesgos técnicos .....	6
<b>Tabla 4.</b> Matriz de riesgos operacionales .....	25
<b>Tabla 5.</b> Matriz de riesgos económicos .....	27
<b>Tabla 6.</b> Matriz de riesgos legales .....	29



# ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y UNIDADES DE MEDIDA

<b>BoQ</b>	<i>Bill of Quantities</i> (Lista de cantidades)	<b>EPCM</b>	<i>Engineering, Procurement and Construction Management</i> (Gestión de ingeniería, adquisiciones y construcción)	<b>PTAR</b>	Planta de tratamiento de agua residual
<b>CAPEX</b>	Capital Expenditure (Gastos de capital)	<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero	<b>RAS</b>	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
<b>CATR</b>	Centros de almacenamiento temporal de residuos	<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agencia Alemana para la Cooperación Internacional)	<b>RO</b>	Residuos orgánicos
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	Equivalente de dióxido de carbono	<b>kWh</b>	Kilowatts hora	<b>RoI</b>	<i>Return on Investment</i> (Retorno de la inversión)
<b>COP</b>	Peso colombiano	<b>IPC</b>	Índice de precios al consumo	<b>t/d</b>	Toneladas por día
<b>DTF</b>	Depósito a término fijo	<b>OPEX</b>	<i>Operational Expenditures</i> (Gastos operacionales )	<b>SMMLV</b>	Salario mínimo mensual legal vigente
<b>ECA</b>	Estación de clasificación y aprovechamiento	<b>P. ej.</b>	Por ejemplo	<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>EIA</b>	Estudio de impacto ambiental	<b>PMA</b>	Plan de manejo ambiental	<b>UAESP</b>	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos
<b>EPC</b>	<i>Engineering, Procurement, and Construction</i> (Ingeniería, contratación y construcción)			<b>UAR</b>	Unidad de almacenamiento de residuos
				<b>VPN</b>	Valor presente neto





1

2

3

4

5

6

7



Guía para la implementación  
de sistemas de gestión de  
residuos orgánicos

# INTRODUCCIÓN

# 1.





1

2

3

4

5

6

## Guía para la implementación de sistemas de gestión de residuos orgánicos

El Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, a través de la Agencia de Cooperación Alemana para el desarrollo (GIZ, por sus siglas en inglés), ha implementado el Programa Empleos Verdes en la Economía Circular (PREVEC). El objetivo es apoyar la transición hacia una economía circular y mejorar la integración, económicamente sostenible, de la población recicladora en Colombia.

GIZ contrató los servicios de consultoría de Ambire Global para desarrollar **una guía de implementación de sistemas de tratamiento descentralizados**. El propósito es fortalecer el conocimiento de cómo los actores públicos estructuran los proyectos para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Se encontró que, por ejemplo, en el caso Bogotá, a través de entidades como la UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos), se propone la reducción de residuos orgánicos que llegan a sitios de disposición final. También buscan fortalecer el conocimiento y marco analítico de los actores públicos y privados en la organización de proyectos para el aprovechamiento de los residuos.

teatian/shutterstock.com

Para brindar orientación y herramientas, se creó esta guía sobre cómo implementar y contratar proyectos de aprovechamiento y valorización de los residuos orgánicos. **La guía está dividida en tres etapas: línea base, estudio de viabilidad y estructuración de proyectos.** Además, brinda una orientación general sobre aspectos clave como el manejo de la información, tecnologías, parámetros, aspectos técnicos, operativos y financieros, así como la selección de estándares para la ejecución de proyectos de gestión de residuos orgánicos.



## Aviso

El presente informe es un estudio de prefactibilidad y su intención principal es servir como herramienta para la toma de decisiones. En caso de optar por la implementación de la propuesta desarrollada, será necesario realizar un proyecto ejecutivo y de factibilidad enfocado en el estudio y afinación de la información correspondiente.

Ilustración 1. Etapas para la implementación de un proyecto de gestión de residuos



**Etapa 1:**  
línea base

Es la primera etapa. Permite, a través de la recolección de datos, identificar el estado actual del proyecto. Es el punto de partida para determinar objetivos, metas y el desempeño.



**Etapa 2:**  
estudio de viabilidad

Con la información obtenida en la Etapa 1, se analiza y decide si el proyecto es viable o no desde el punto de vista técnico, financiero y de riesgos.



**Etapa 3**  
estructuración del proyecto

En esta etapa, se establece el modelo de gestión, financiación, contratación y operación del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, en esta guía se tuvieron en cuenta los estudios realizados por la GIZ y otras empresas respecto a la implementación de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos en Colombia.



1

2

3

4

5

6

### Resumen de estudios de factibilidad e investigación para el aprovechamiento de residuos orgánicos

Con el ánimo de proponer soluciones replicables para el tratamiento de residuos orgánicos a nivel nacional, se diseñó esta guía con base en la información técnica recolectada por el equipo de trabajo y la estandarización de la bibliografía entregada (ver Tabla 1) por el equipo de la GIZ.

Krakenimages.com/shutterstock.com



Tabla 1: Resumen información bibliográfica entregada por GIZ

#### Proyecto

Conceptualización técnico-económica de tecnologías viables para el tratamiento *in situ* (en el lugar) de los residuos orgánicos, como en la Plaza Distrital de Mercado Quirigua y el Terminal de Transporte de Bogotá.

#### Objetivo

Analizar y diseñar soluciones de tratamiento *in situ* para la gestión de residuos orgánicos en las plazas distritales de mercado (PDM), contemplando diferentes volúmenes de generación y tratamiento, a partir de tecnologías como la digestión anaeróbica y el compostaje. La digestión anaeróbica (también denominada biodigestión o biometanización) trata de forma controlada los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno (GOPA Infra GmbH, 2022).

#### Resultado

- El costo operativo de tratamiento por tonelada de residuos orgánicos al año disminuye conforme aumenta la capacidad del sistema.
- La implementación de un sistema descentralizado para la gestión de los residuos orgánicos puede generar descuentos en el cobro a vendedores y vendedoras de la plaza asociado a esta actividad. Sin embargo, para viabilizar los proyectos de sistemas descentralizados, se requiere financiamiento con subsidios o incentivos.

Desarrollo de una prefactibilidad para saber si un proyecto de gestión de residuos orgánicos es viable para el Aeropuerto Internacional El Dorado.

Estudio de prefactibilidad técnico y económico para una generación de residuos orgánicos de 4,3 t/d.

La tecnología viable para el aprovechamiento de residuos orgánicos es el biodigestor, considerando los riesgos operativos, beneficios ambientales y rentabilidad de los modelos financieros.

Aguas de Bogotá y Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ)

Desarrollo de una propuesta para la empresa Aguas de Bogotá con la finalidad de gestionar los residuos orgánicos en Bogotá, por medio de la digestión anaeróbica y con una capacidad de 50 t/día.

Tecnología de proteínas de insectos y Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC, por sus siglas en inglés)

Una forma sostenible de gestión de residuos orgánicos para la producción de alimentos para animales.

El estudio de aprovechamiento de residuos es escalable y puede ser replicado en cualquier tamaño. Esto permite obtener alimentos para animales y productos como fertilizantes, lo que genera un alto valor rentable.



1

**2**

3

4

5

6



Guía para la implementación  
de sistemas de gestión de  
residuos orgánicos

# ETAPA 1: LÍNEA BASE

# 2.



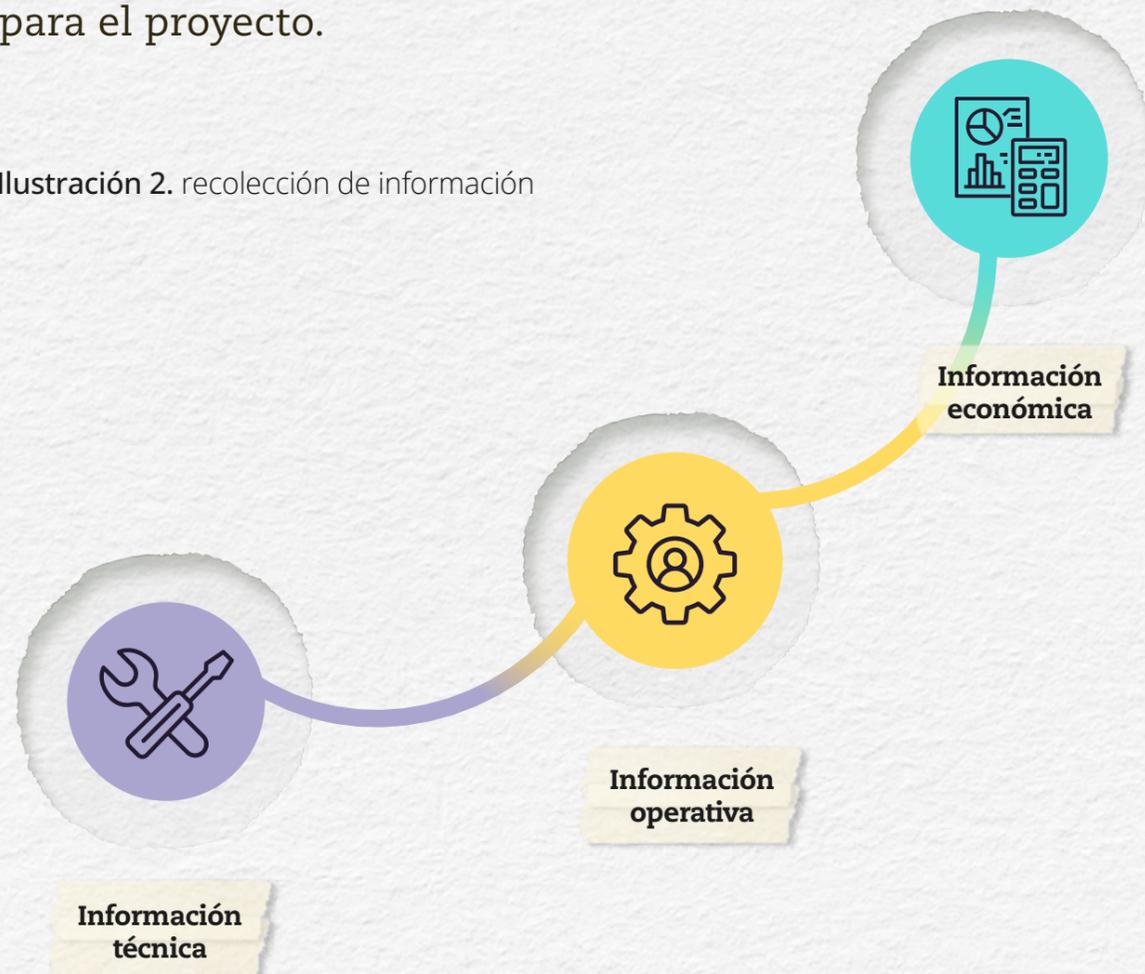
© GOPA INFRA



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

El objetivo de esta fase es recopilar información sobre los aspectos técnicos, operativos y económicos referentes al proyecto (ver Ilustración 2). Con esta información, se establece un punto de referencia para evaluar el estado actual y determinar posibles mejoras y las inversiones necesarias para el proyecto.

Ilustración 2. recolección de información



■ Fuente: elaboración propia

## 2.1 INFORMACIÓN TÉCNICA

La información técnica del proyecto es toda la referente al tipo, cantidades, características y la fuente de generación de los residuos sólidos. Adicionalmente, se debe realizar una proyección de la generación de residuos orgánicos con el objetivo de determinar la capacidad de la tecnología y posibles expansiones del proyecto.

- ✦ Cálculo del promedio de personas usuarias (equipo de trabajo, clientes, visitantes, según corresponda) para estimar la cantidad de residuos producidos. Esto facilitará el cálculo para las proyecciones.

### Cantidad de residuos

En esta etapa, se realiza el diagnóstico inicial, a través de un proceso de análisis de información que permite identificar necesidades de mejora y evaluar las características técnicas y logísticas del proyecto. Para esto, se deben tener en cuenta las siguientes actividades de diagnóstico:

- ✦ Estimación de datos sobre la generación de residuos orgánicos para determinar la capacidad de la planta de tratamiento.
- ✦ Análisis de consumos mensuales de abono orgánico, electricidad y gas para evaluar el uso de los productos generados a través del tratamiento de residuos orgánicos (p. ej. uso del biogás en cocinas para sustituir el gas natural).

### Composición de los residuos

Es importante conocer las características y composiciones de los residuos orgánicos, ya que es un factor clave a la hora de elegir la tecnología más adecuada para el proyecto. Cabe destacar que en esta clasificación se pueden encontrar diversos residuos orgánicos como:

- ✦ Residuos de comida cruda
- ✦ Residuos de comida cocinada
- ✦ Residuos de huesos
- ✦ Corte y poda de jardín y árboles, entre otros



1

2

3

4

5

6

## Guía para la implementación de sistemas de gestión de residuos orgánicos

Para determinar la composición de los residuos, es esencial realizar su caracterización, lo que implica identificar las fuentes, cantidades, composiciones y calidad. Estas caracterizaciones son fundamentales para identificar tanto el tratamiento óptimo como la metodología adecuada para el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Actualmente, existen diferentes metodologías para la caracterización de residuos sólidos. Algunas de las metodologías más conocidas son: la Metodología para el análisis de residuos sólidos (SWA-Tool, por sus siglas en inglés) (Comisión Europea, 2004), la Norma ASTM D 52 31-92 (American National Standards Institute, 2016), Solid Waste Management Volume 1, en español Manejo de Residuos Sólidos Volumen 1, (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2005) y la herramienta "Waste Wise Cities", en español Residuos de Ciudades Sabias, (WaCT, por sus siglas en inglés) (ONU-Hábitat, 2018).

A continuación, se presenta un esquema general para la caracterización; sin embargo, se debe tener en cuenta que la metodología puede variar dependiendo del proyecto:

- ✦ **Planificación y alcance de la caracterización**
- ✦ **Selección de la metodología a utilizar**
- ✦ **Definición de la población o establecimientos en el estudio**
- ✦ **Definición del equipo y los recursos necesarios para la actividad**

### ✦ **Recolección de los datos y análisis de los residuos sólidos:**

- Cantidad generada por mes para cada establecimiento.
- Recolección de muestras aleatorias de residuos cada 24 horas y durante 8 días.
- Desarrollo de cuarteo en muestras de residuos, entre otros.

### ✦ **Caracterización fisicoquímica:**

- Densidad.
- Humedad.
- pH.
- Contenido de materia orgánica.
- Metales pesados, entre otros.

### ✦ **Análisis de los resultados sobre la generación de residuos sólidos:**

- Cuantificación de la generación de residuos sólidos.
- Caracterización de residuos sólidos.

### ✦ **Informe detallado sobre los resultados del estudio: características y composición de residuos y recomendaciones para mejorar su gestión**

## Proyección de generación de residuos orgánicos

Es necesario realizar una proyección de la generación de residuos orgánicos y estimar la cantidad de residuos que se generarán en un futuro próximo o durante el periodo de tiempo previsto para el desarrollo del proyecto. Esto se hace con el objetivo de planificar los costos y elegir la tecnología adecuada y su capacidad. Las proyecciones ayudan a identificar las tendencias en la generación de residuos y a evaluar la viabilidad financiera en los distintos modelos económicos.

Se recomienda utilizar los métodos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) (Ministerio de Vivienda, 2017), para calcular las proyecciones de población y predecir la generación de residuos en función de la tasa de crecimiento de esta población que está siendo estudiada. Se recomienda revisar las hipótesis y metodologías (p. ej. regresión lineal, método lineal, media móvil, entre otros) en detalle para la estimación de las proyecciones.

En las proyecciones de población y generación de residuos orgánicos puede haber errores en la obtención de los datos debido a la complejidad y la incertidumbre asociada con la estimación realizada. Las proyecciones se basan en datos históricos y en supuestos sobre la evolución de las variables en el futuro. Sin embargo, estas hipótesis pueden carecer de exactitud debido a la complejidad de los sistemas y de los fenó-

menos que se están modelando, así como la falta de información completa y exacta. Además, dentro de los factores que pueden afectar las proyecciones, están:

- ✦ Cambios en el sistema de gestión de residuos.
- ✦ Programas de sensibilización para reducción de la fuente.
- ✦ Falta de datos o datos incorrectos.
- ✦ Errores en el modelo de proyección.

De acuerdo con lo anterior, se debe tener especial cuidado con los valores que se obtienen en las proyecciones y analizarlas para evitar posibles errores en el futuro

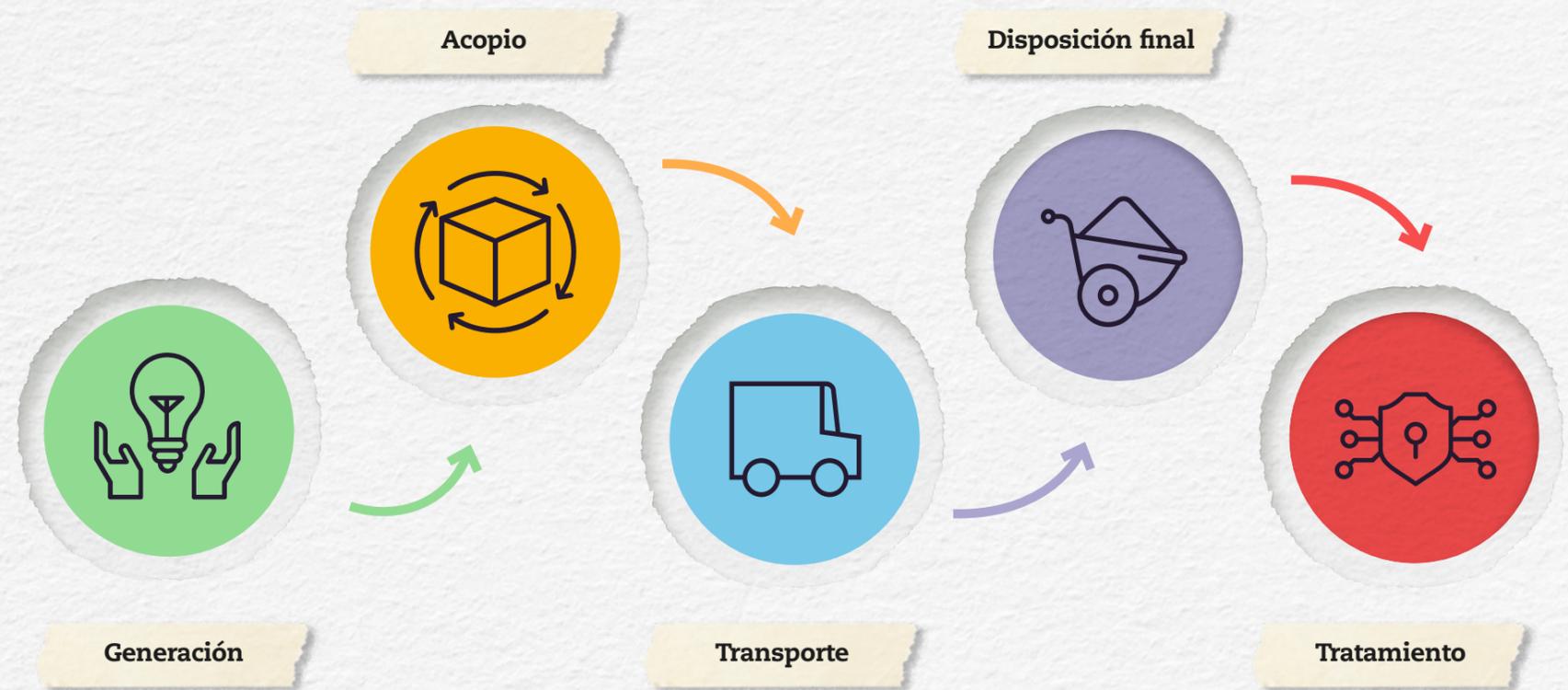
## 2.2 INFORMACIÓN OPERATIVA

Las características operativas son aspectos claves que contribuyen a definir y describir un proyecto. Estas características incluyen la información sobre el manejo de residuos, área disponible e identificación de la infraestructura. A continuación, se realiza una explicación de estos temas.

### Información del manejo de residuos

Las fuentes consultadas sobre el manejo de los residuos definen cómo evaluar lo que se tiene implementado y qué haría falta para el desarrollo del proyecto. Dado esto, es importante tener en cuenta lo que se observa en la Ilustración 3.

Ilustración 3. Secuencia para el manejo de residuos



Fuente: elaboración propia.

Dentro de los **cinco pasos** descritos en la ilustración, es necesario:

- ✓ Identificar el modelo de recolección de residuos (p. ej. esquema logístico, separación, recipientes y acopio).
- ✓ Establecer el proceso de disposición final de los residuos orgánicos.
- ✓ Describir el sistema de recolección de residuos desde los puntos de generación, teniendo en cuenta cómo es esta tasa de generación de residuos, las capacidades de almacenamiento de los puntos de generación y las instalaciones de tratamiento y disposición.
- ✓ Personal disponible para el manejo de residuos previo a la implementación del proyecto.
- ✓ La ubicación y accesibilidad a los residuos, ya que puede influir en la logística del transporte a la instalación de tratamiento.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

### Área disponible

Desde el inicio, se debe identificar el área disponible para la implementación del proyecto y, de no contar con el espacio, revisar la capacidad de adquirir un nuevo lugar, ya sea por medio de compra o arriendo. Adicionalmente, este punto tiene en cuenta las distancias que se recorren hasta el punto de implementación de la tecnología. A continuación, se detallan los principales requerimientos:

- ✦ Seleccionar un espacio disponible para la implementación del proyecto.
- ✦ Destinar un espacio disponible para el almacenamiento de los residuos.
- ✦ Conocer la distancia que existe desde el punto de generación de residuos a los puntos de acopio y el punto de implementación de la tecnología para el tratamiento de residuos orgánicos.
- ✦ Cumplir con el uso del suelo destinado para la implementación del proyecto.

© Daniel Hernández

### Identificación de infraestructura

Adicional a los espacios disponibles para la implementación de la tecnología, es necesario identificar las diferentes infraestructuras (p. ej. de agua, energía, gas natural). A continuación, se mencionan los puntos relevantes por considerar:

- ✦ Infraestructura eléctrica (p. ej. red de instalaciones, capacidad del sistema de transmisión y distribución).
- ✦ Conexión red de alcantarillado y agua potable.
- ✦ Conexiones de gas natural (p. ej. inyección de biometano).
- ✦ Distancias para realizar conexiones a los diferentes puntos de agua, energía y gas natural.

## 2.3

# INFORMACIÓN ECONÓMICA

La recopilación de información económica permite identificar todos los costos y valores que están asociados al alcance del proyecto. Entre estos, es importante identificar los costos asociados al manejo de residuos orgánicos, tarifas de servicios públicos y otros valores económicos que puedan influir en el proyecto. Esta información es indispensable para determinar la viabilidad financiera que se explica en el siguiente capítulo.

### Se recomienda considerar los siguientes datos:

- 💰 Capacidad de endeudamiento (p. ej. calificación financiera del cliente para recibir los créditos).
- 💰 Capacidad de financiamiento (p. ej. disposición o capacidad del cliente para financiar la inversión y los costos de operación).
- 💰 Revisión de subsidios del Gobierno o beneficios tributarios ambientales (p. ej. Ley 1715 de 2014).
- 💰 Tarifa y costos de energía.
- 💰 Tarifa y costos de acueducto y alcantarillado.
- 💰 Tarifa y costos de aseo.
- 💰 Costo de recolección, transporte y disposición final de los residuos.
- 💰 Otros costos de gestión (p. ej. costos de personal, licencias ambientales y permisos).





1

2

**3**

4

5

6



Guía para la implementación  
de sistemas de gestión de  
residuos orgánicos

# ETAPA 2: ESTUDIO DE VIABILIDAD

# 3.



© Ariestudio/shutterstock.com



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

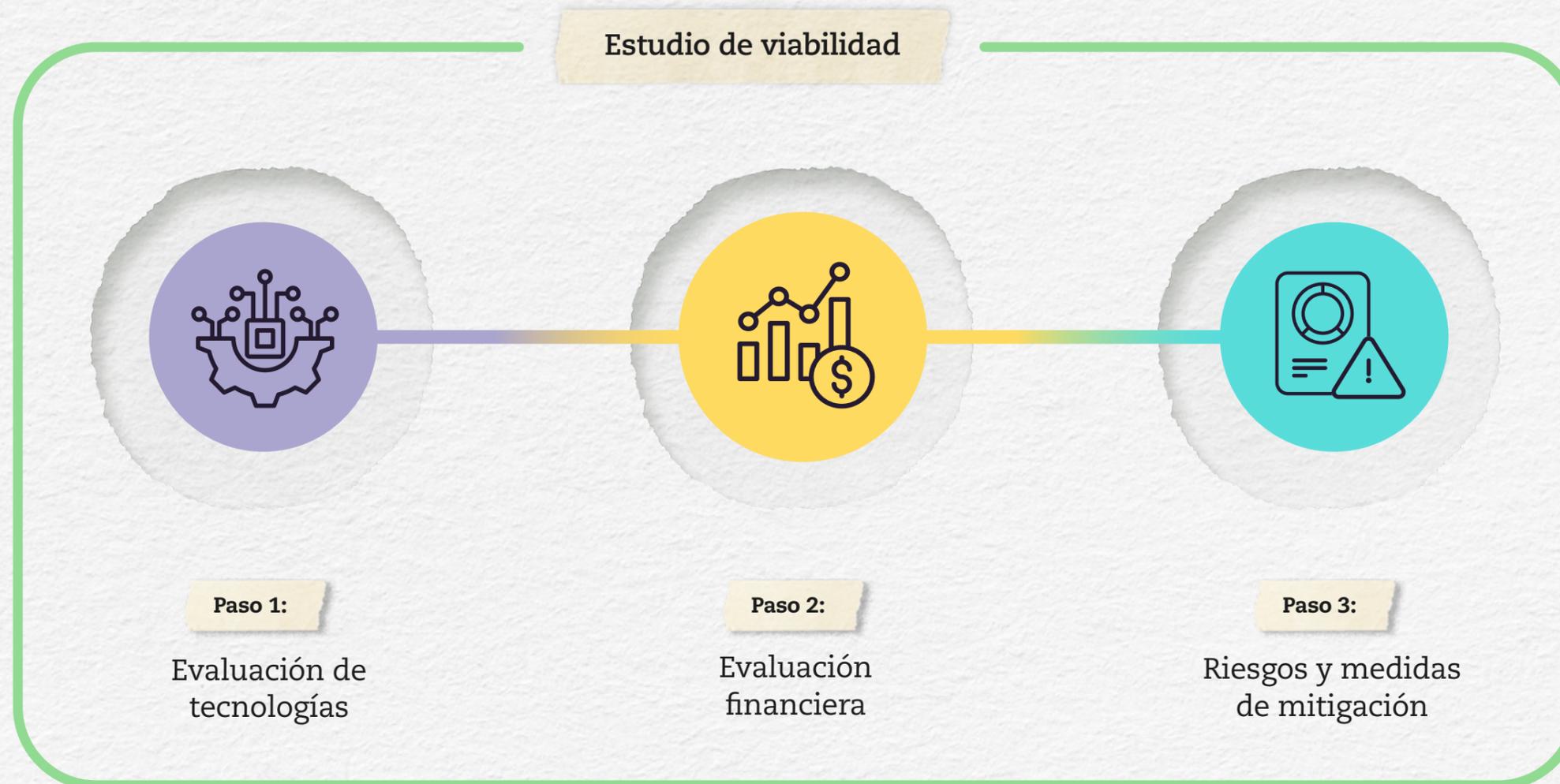
## Guía para la implementación de sistemas de gestión de residuos orgánicos

El objetivo de esta etapa es determinar la viabilidad técnica y financiera del proyecto en evaluación, así como la identificación de riesgos y medidas de mitigación. Para ello, se evalúan aspectos

de diferentes tecnologías, la demanda existente para los productos generados, entre otros. La evaluación financiera incluye el análisis de parámetros como los costos e ingresos, la rentabilidad

del proyecto y los recursos necesarios. Finalmente, se determinan posibles riesgos y oportunidades de mejora en la aplicación de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos.

Ilustración 4. Pasos para realizar el estudio de viabilidad del proyecto



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describe cada uno de los pasos necesarios para el estudio de la viabilidad del proyecto.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# 3.1 EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS

La selección y evaluación de la tecnología es una de las etapas más importantes en el proceso de viabilidad de un proyecto. Es crucial asegurarse de que la tecnología que se elija sea la más adecuada y competitiva en comparación con otras opciones, teniendo en cuenta toda la información recolectada en la línea base del proyecto. Este proceso de evaluación y selección de la tecnología se encontrará en el desarrollo del capítulo.

La evaluación de las tecnologías se realizará de acuerdo con los parámetros específicos de cada proyecto, y la selección se hará teniendo en cuenta el resultado más apropiado para su desarrollo.

## Tecnologías

La selección de tecnologías es esencial, ya que determina qué herramientas y procesos se utilizarán para alcanzar los objetivos establecidos. Es importante tener en cuenta que el desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de residuos orgánicos es muy amplio y existen diferentes tecnologías que pueden variar en función de la finalidad, el tiempo, el tamaño del proyecto y las características de los residuos.

Con el fin de contar con un conocimiento detallado de las características técnicas de las tecnologías, se recomienda leer el documento Análisis del potencial de valorización de los residuos orgánicos y reciclables en Bogotá por GOPA (GIZ, 2022), que cuenta con esta información detallada.

En la Tabla 2, se pueden encontrar, como ejemplo, algunas tecnologías útiles para la gestión de residuos sólidos.

Tabla 2. Ejemplos de tecnologías

Proceso	Descripción de la tecnología	
Compostaje	<p>El proceso del compostaje transforma los residuos orgánicos por medio de condiciones aeróbicas, es decir, en un ambiente cálido y húmedo, para la producción de compost que puede ser utilizado como fertilizante para los suelos (Centre for Science and Environment, 2021).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✦ <b>Sistemas abiertos:</b> Sistemas de bajo costo y tecnología sencilla que pueden ser implementados en zonas con amplia disponibilidad de terreno y manejo de instalaciones más sencillas. En este sistema, se pueden encontrar dos tipos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>● Pila móvil (volteo del material que permita la oxigenación).</li> <li>● Pila estática (sin volteo mecánico).</li> </ul> </li> <li>✦ <b>Sistemas cerrados:</b> Permiten el control de las condiciones de cada uno de los parámetros del proceso; sin embargo, sus costos de inversión son elevados, así como el mantenimiento y los gastos de energía. En este sistema, se pueden encontrar:               <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas dinámicos o estáticos.</li> <li>● Reactores horizontales, verticales y en túnel.</li> </ul> </li> <li>✦ <b>Lombricultura:</b> Es el proceso de degradación de materia orgánica por medio de lombrices y microorganismos en condiciones controladas de temperatura (20-35 °C), humedad (80 %), baja luminosidad y pH (7,5-8). Con esta técnica, se obtiene un producto final denominado lombricomposta, el cual presenta una carga alta de microorganismos y ayuda en la solubilización de los nutrientes del suelo (Centre for Science and Environment, 2021).</li> </ul>	
	Digestión anaerobia	<p>El proceso de biometanización o digestión anaeróbica consiste en la descomposición de materia orgánica, como aguas residuales, residuos de alimentos o estiércol de animales, por medio de bacterias en ausencia de oxígeno. El producto se transforma en una mezcla de gases (biogás) constituida principalmente por metano, dióxido de carbono y otros gases en pequeñas cantidades.</p> <p>Los tipos de residuos sólidos que permite esta tecnología incluyen lodos de planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), residuos sólidos orgánicos y residuos agropecuarios. Su degradación puede considerarse húmeda o seca (UPME, 2018).</p>



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Proceso	Descripción de la tecnología
<b>Pirólisis</b>	<p>La pirólisis ocurre en ausencia de oxígeno, en altas temperaturas, y requiere de un flujo de residuos más homogéneo. Este proceso está dividido en tres etapas: la dosificación y alimentación de materia prima, la transformación de los residuos y la separación de los productos.</p> <p>Es importante señalar que de la pirólisis, variando las condiciones de su proceso, se obtienen principalmente productos como el bioaceite seguido del gas (Klung, 2012).</p> <p><b>✦ Por otro lado, la pirólisis se puede clasificar en:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pirólisis convencional.</li> <li>○ Pirólisis rápida.</li> <li>○ Pirólisis instantánea.</li> </ul>
<b>Gasificación</b>	<p>El proceso de la gasificación consiste en la descomposición térmica de los residuos sólidos sin presencia de oxígeno, lo que termina en una combustión incompleta. En este proceso se obtienen diferentes gases (<math>\text{CO}</math>, <math>\text{H}_2</math>, <math>\text{CH}_4</math>, <math>\text{CO}_2</math>) que pueden utilizarse para la producción de electricidad, como biocombustibles líquidos o carbón activado (Álvarez, 2014).</p> <p><b>✦ El proceso de la gasificación tiene las siguientes etapas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Acondicionamiento de biomasa (fina-derivada de la madera).</li> <li>○ Gasificación en reactores donde se realizan procesos termoquímicos.</li> <li>○ Adecuación del gas de síntesis para su transformación en energía eléctrica.</li> <li>○ Generación de energía térmica o eléctrica.</li> <li>○ Tratamientos de aguas de proceso.</li> </ul> <p><b>✦ Tipos de gasificadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Updraft</i>.</li> <li>○ Corrientes cruzadas.</li> <li>○ Lecho fijo.</li> <li>○ Lecho fluido.</li> </ul> <p>Es importante tener en cuenta que, dependiendo del tipo de agente gasificante, se obtienen gases con diferentes calidades. Si es aire, se logra gas pobre. Si es oxígeno, se consigue un gas rico con mayor poder calorífico.</p>

Proceso	Descripción de la tecnología
<b>Tratamiento por la mosca soldado-negra</b>	<p>La mosca soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>) es originaria de las regiones tropicales, subtropicales y templadas de América. Cuenta con 150 000 especies conocidas y la mayoría están asociadas con la descomposición de materia orgánica.</p> <p>Su desarrollo larvario comprende seis etapas y un ciclo de vida de cuatro semanas, que varía según las condiciones ambientales. La etapa adulta dura entre 6 y 8 días y, durante este tiempo, solo se alimenta de agua. Después de la eclosión de huevos, las larvas neonatales desarrollan la eficiencia enzimática de su sistema oral, microbiota intestinal y sistema digestivo. Estas características la convierten en un organismo detritívoro, que degrada grandes cantidades de desechos orgánicos y que consume de 25 a 500 mg de materia orgánica por día (Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development, 2017).</p>

**📄 Fuente:** elaboración propia.

**📷** GOPA INFRA





1

2

3

4

5

6

## Parámetros de evaluación de tecnologías

Los parámetros de evaluación de tecnologías son factores claves a considerar para estudiar las diferentes opciones de tecnología para un proyecto. Conforme a esto, a continuación, se describen cuatro categorías de parámetros de evaluación de tecnologías y se relacionan algunos ejemplos para dar una guía de la selección de estas.

### Parámetros técnicos

Los parámetros técnicos evalúan la eficiencia de la tecnología para el tratamiento de residuos orgánicos, de acuerdo con las condiciones establecidas en la línea base. Estos parámetros ayudan a identificar los riesgos y las ventajas al decidir el uso de esta tecnología. Algunos ejemplos de valoración son:

- ✦ Eficiencia de tratamiento (p. ej. conversión de residuos orgánicos en productos como compost, biogás, entre otros).
- ✦ Tiempo de tratamiento (p. ej. tiempo de retención, funcionamiento por lotes o continuo).
- ✦ Reciclaje de nutrientes (p. ej. aprovechamiento de nitrógeno).
- ✦ Generación de los productos útiles (p. ej. compost, energía).
- ✦ Impacto ambiental (p. ej. disminución de gases de efecto invernadero o contaminantes como lixiviados).

### Parámetros operacionales

Los parámetros operacionales ayudan a evaluar la factibilidad de manejar los sistemas durante su ciclo de operación, considerando la infraestructura disponible, las limitantes y la gobernanza. Su análisis proporciona información de la eficiencia y productividad que se puede generar en el proyecto. Algunos ejemplos de estos parámetros operacionales son:

- ✦ Condiciones meteorológicas (p. ej. temperatura, humedad que puede afectar los procesos biológicos durante el tratamiento).
- ✦ Riesgos de generación de olores y vectores (p. ej. atracción de roedores y pájaros debido al mal funcionamiento de las plantas).
- ✦ Requerimiento de espacio y otra infraestructura disponible (p. ej. área requerida, disponibilidad de agua, alcantarillado, conexiones eléctricas).
- ✦ Mantenimiento preventivo y correctivo requerido (p. ej. para los equipos de las plantas de tratamiento).
- ✦ Riesgos de incendios (p. ej. por el almacenamiento de productos combustibles o explosivos como el biometano).

### Parámetros económicos

Además de los parámetros técnicos y operacionales, se deben tener en cuenta los económicos. Estos califican la viabilidad financiera en el momento de implementar la tecnología en el proyecto. Algunos ejemplos son:

- ✦ Costo de la tecnología (p. ej. inversión y reinversión).
- ✦ Costos de operación (p. ej. energía, agua, personal).
- ✦ Mercado para los productos generados (p. ej. ingresos asociados a los subproductos como el compost, biogás, digestato).
- ✦ Costos de importación, si aplica (p. ej. nacionalización de equipos).

### Parámetros sociales

La implementación de una nueva tecnología puede afectar y ser afectada por diversos factores sociales, culturales y organizacionales. Algunos de los parámetros de este tipo que se deben tener en cuenta para la implementación de una nueva tecnología son:

- ✦ Generación de empleos verdes (p. ej. nuevos empleos para operar sistemas de tratamiento).
- ✦ Ubicación de la tecnología (p. ej. cercanía a las viviendas, a los aeropuertos o altos ruidos de los motores que afectan a la población cercana).
- ✦ Concientización de la sociedad sobre nuevas tecnologías, sus beneficios para el medioambiente y para la comunidad con el propósito de evitar problemas, especialmente durante la operación.
- ✦ Educación ambiental para la comunidad, colegios y universidades. Esto puede generar un impacto positivo y difundir conocimientos sobre cambio climático, economía circular, entre otros temas.
- ✦ Impacto positivo sobre la salud pública debido a la disminución de una disposición inadecuada de residuos sólidos.



1

2

3

4

5

6

### Parámetros legales

Los parámetros legales son requisitos o regulaciones establecidos y aplicables en el proyecto y para la tecnología seleccionada. Estos parámetros pueden ser locales o nacionales y abarcar variedad de temas como medio ambiente, seguridad, salud, derechos laborales, entre otros. Algunos ejemplos son:

- ✦ Licencias y permisos con autoridades ambientales (p. ej. permiso de operación de acuerdo con las cantidades requeridas para el proyecto).
- ✦ Trámites y permisos con empresas de servicios públicos (p. ej. conexión del proyecto al alcantarillado, redes eléctricas).
- ✦ Cumplimiento normativo (p. ej. revisión del Plan de Ordenamiento Territorial, el POT, y el uso del suelo permitido, zona de amortiguación, uso de los productos generados, entre otros).
- ✦ Seguridad laboral (p. ej. exigencias para trabajar con las máquinas de la planta de tratamiento o con residuos orgánicos).

© namtipStudio/shutterstock.com

### Matriz de análisis

Como se pudo observar, existe diversidad de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos en el mercado y diferentes parámetros para evaluarlas. Por lo tanto, es importante contar con un modelo de análisis de tecnologías y parámetros para escoger la mejor opción para el proyecto. Existen distintas técnicas y procesos de evaluación como: la elaboración de una lista de criterios, la implementación de escala de puntuación o un análisis multicriterio.

En la Ilustración 5 se muestra un ejemplo de modelo de evaluación y selección de tecnología que consiste en valorar y comparar diferentes tecnologías (T1, T2, T3,..., Tn) en función de varios parámetros (P1, P2, P3,..., Pn). Esta herramienta se utiliza comúnmente en la toma de decisiones para seleccionar la mejor tecnología para un proyecto o aplicación específica.



Ilustración 5. Ejemplo de una matriz para evaluación de tecnologías

	Parámetros	Tecnología 1	Tecnología 2	Tecnología n
Tecnológicos	P1			
	P2			
Operacionales	P3			
	P4			
Legales	.			
	.			
	.			
Económicos	Pn			

■ Fuente: elaboración propia.

Una vez se tienen identificadas todas las tecnologías y parámetros aplicables al proyecto, a cada una se le asigna un peso o una importancia en función de su relevancia para el proyecto específico. En otras palabras, se puede asignar un peso para cada uno de los parámetros evaluados que sumará un total del 100 %. Dependiendo del contexto, los pesos para parámetros tecnológicos, económicos, legales y operacionales pueden ser diferentes. Por ejemplo, para algu-

nos proyectos, la facilidad de operación puede tener más peso sobre los costos de inversión. Luego, se asigna una puntuación a cada tecnología en función de su capacidad para cumplir con cada criterio.

Después de que se han asignado las puntuaciones, se puede generar una puntuación total para cada tecnología evaluada. Este valor se utiliza para comparar las diferentes tecnologías y determinar cuál es la mejor opción para el proyecto.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# 3.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera es un aspecto crítico en la viabilidad de un proyecto, ya que permite determinar la rentabilidad a largo plazo. Esta evaluación se basa en el análisis de costos y presupuestos, así como en la proyección de los flujos de caja y análisis de rentabilidad. La evaluación financiera es clave para asegurar que el proyecto es viable y cumple con los objetivos establecidos en la línea base. La Ilustración 6 muestra cómo puede ser el proceso de evaluación financiera.

Ilustración 6. Diagrama del proceso de la evaluación financiera



Fuente: elaboración propia.

## Supuestos económicos

Los supuestos económicos son estimaciones sobre la economía en general, el entorno económico en el que operará la inversión que se está evaluando y las proyecciones futuras. Estos supuestos pueden incluir tasas de interés, inflación, crecimiento económico, fluctuaciones del mercado y otras variables económicas relevantes.

### Los modelos considerarán supuestos claves como:

- ✦ Factores macroeconómicos como TRM, IPC, impuestos, DTF, SMMLV para el año de evaluación.
- ✦ Costos como tarifas de electricidad, agua potable, agua residual, gas natural, gasolina, disposición de lodos.
- ✦ Precios de ventas de compost, biogás o electricidad.
- ✦ Proyecciones como el porcentaje de aumento esperado en los costos de los servicios, salarios, precios de ventas.
- ✦ Intereses de deuda, beneficios tributarios, entre otros.

### Con base en los supuestos, el modelo desarrollado identificará resultados claves como:

- ✦ CAPEX, que incluye además los costos por inversión y reinversión.

- ✦ OPEX y los costos por operación y mantenimiento como energía, laborales, disposición de lodos, tarifas de servicios públicos, entre otros.
- ✦ Retorno de inversión.
- ✦ TIR esperada para inversión y deuda. VNA para los diferentes escenarios de vida útil del proyecto.
- ✦ Entendimiento de flujo de caja.

Es importante destacar que los supuestos económicos son sólo estimaciones y no ofrecen una garantía de que la economía se comportará exactamente como se ha previsto. Por lo tanto, es importante ser consciente de los riesgos asociados con cualquier evaluación financiera y contemplar otras opciones y escenarios de desarrollo. El modelo financiero también evaluará el impacto de los beneficios tributarios sobre la viabilidad financiera del proyecto.

En Colombia, los proyectos que sean sostenibles y mejoren el medio ambiente recibirán incentivos en materia tributaria, conocidos como beneficios tributarios ambientales. La normativa que cubre este tipo de proyectos es la Ley 1715 de 2014, el Decreto 2205 de 2017 y la Ley 2099 de 2021 y se deben certificar ante las autoridades como el ANLA, la UPME o la CAR.



1

2

3

4

5

6

### Costos

Es importante tener una comprensión clara de los costos y presupuestos relacionados con el proyecto, incluyendo los costos directos e indirectos. Algunos ejemplos de estos costos son:

- ✦ Costo asociado a la adquisición de la tecnología.
- ✦ Costos asociados a la construcción o adecuación de la ECA o UAR (obras civiles).
- ✦ Costos del talento humano que opera el sistema.
- ✦ Costos por recolección y transporte de los residuos sólidos orgánicos generados.
- ✦ Costo de energía.
- ✦ Costo de mano de obra asociada a la adecuación e implementación de las tecnologías.

### Ingresos

La estimación de los ingresos es un aspecto clave para determinar la viabilidad económica de un proyecto. Es necesario identificar y analizar los mercados potenciales y las fuentes, incluyendo los posibles clientes, los precios, volúmenes de ventas y cualquier otro factor que pueda afectar los ingresos.

Una vez identificados los mercados y las fuentes de ingresos, es necesario estimar los previstos. Esto puede incluir la estimación de las

ventas o los recursos adquiridos por servicios. También es importante tener en cuenta cualquier factor externo que pueda afectar los ingresos, como la competencia, los cambios en la economía o cualquier otro factor relevante. El análisis de ingresos debe ser actualizado y monitoreado a lo largo del proyecto para asegurar su éxito.

Específicamente, para los proyectos de tratamiento de residuos orgánicos, se pueden considerar ingresos como:

- ✦ Ingresos por venta de abono.
- ✦ Ingresos por venta de fertilizante.
- ✦ Ingresos por venta de energía según el tamaño y capacidad de la tecnología.
- ✦ Ingresos por el servicio de manejo y tratamiento de residuos orgánicos.
- ✦ Costos evitados por la disposición de residuos con un tercero.

© BrianAJackson/shutterstock.com



### Flujos de caja

Ya que el objetivo es realizar una evaluación financiera, también se deben proyectar los flujos de caja futuros y evaluar su solidez y suficiencia. Para estimar el flujo de caja neto, se requiere una combinación de los costos y los ingresos

previstos en las secciones anteriores, así como una estimación de los flujos de efectivo que entrarán y saldrán del proyecto a lo largo del tiempo. La Ilustración 7 muestra un esquema del proceso.

Ilustración 7. Diagrama de estimación del flujo de caja neto



📖 Fuente: elaboración propia.

El primer paso en la estimación del flujo de caja es desarrollar un presupuesto detallado de los costos y los ingresos del proyecto, incluyendo una valoración de los flujos de efectivo. Luego, es importante considerar el momento en que los flujos de efectivo ocurrirán y su magnitud. Finalmente, se deben agregar o restar los flujos de efectivo iniciales y finales para

obtener una estimación del flujo de caja neto para el proyecto.

El análisis de flujo de caja le permite a la evaluación financiera determinar si un proyecto generará suficientes ingresos para cubrir los costos y una ganancia adecuada, lo que es un indicador importante en la viabilidad financiera del plan a seguir.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

## Rentabilidad

Después de analizar el flujo de caja, se debe evaluar la rentabilidad del proyecto a través de medidas como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), la relación costo-beneficio o el retorno sobre la inversión (Rol), entre otros. Cada uno de estos indicadores mide la rentabilidad de un proyecto desde una perspectiva diferente. Por tanto, es importante elegir el indicador más adecuado en función de los objetivos específicos de la evaluación financiera (p. ej. el TIR puede ser útil a la hora de presupuestar capital para proyectos, mientras que el Rol es útil para determinar la rentabilidad global de una inversión).

El Rol es un indicador que mide el porcentaje de ganancia que se obtiene sobre la inversión inicial de un proyecto. El cálculo se realiza dividiendo el beneficio de efectivo (ingresos menos costos) por la inversión inicial:

$$\text{Rol (\%)} = \frac{\text{ingresos} - \text{costos}}{\text{inversión inicial}} * 100$$

En resumen, la rentabilidad es un indicador crítico para la evaluación de la viabilidad financiera de un proyecto, ya que permite determinar si generará suficiente ganancia para compensar la inversión inicial y brindará un beneficio adecuado para los inversores.

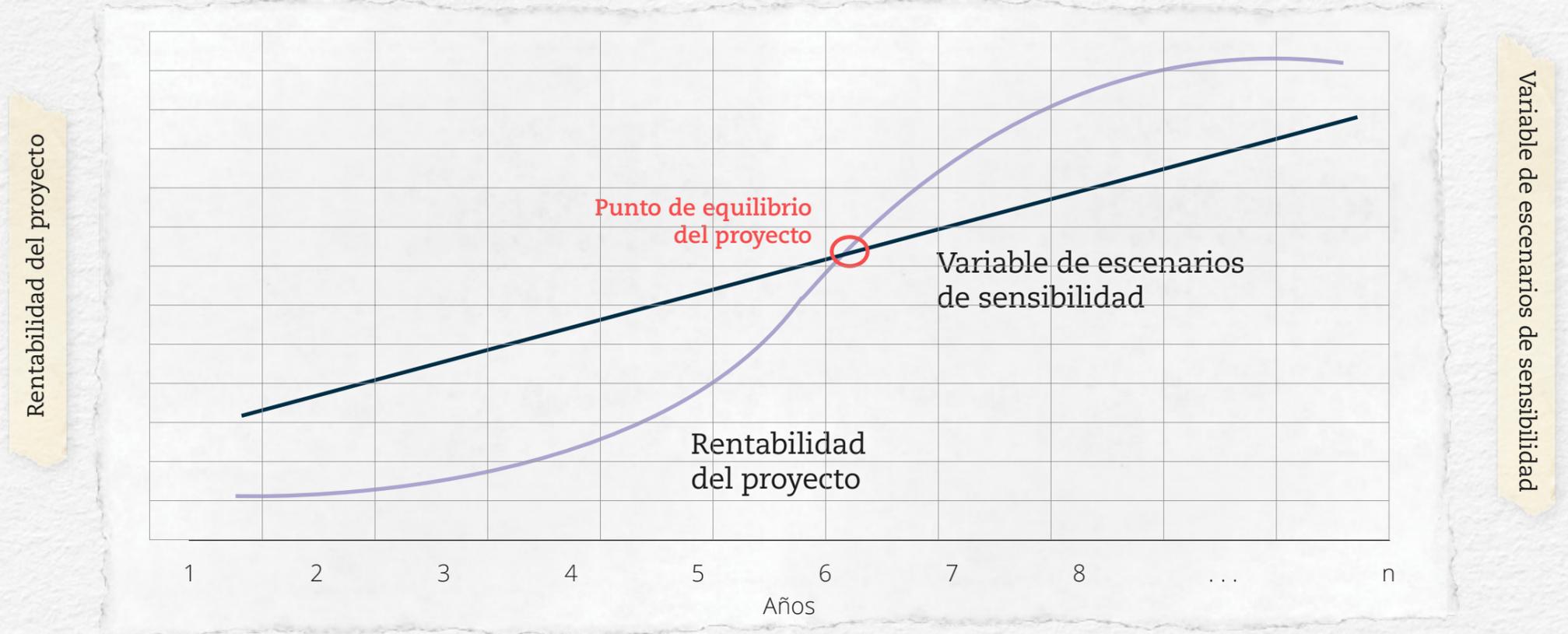
## Escenarios de sensibilidad

A partir de la valoración de la rentabilidad inicial del proyecto, se pueden considerar los escenarios de riesgo y sensibilidad para, más tarde, evaluar cómo afectarían su rentabilidad. Los escenarios de sensibilidad permiten analizar cómo los cambios en variables críticas, como precios de insumos, tasas de interés y costos de venta, pueden afectar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

Para plantear los escenarios de sensibilidad, primero, se identifican las variables críticas que tienen el mayor impacto en el desempeño financiero del proyecto. Luego, se establecen los diferentes escenarios que contemplan cambios en estas variables y se estima su impacto en los resultados financieros del proyecto (p. ej. cambios en tarifas de aseo, costos de energía, precio de venta de productos como el digestato).

Una vez definidas las posibilidades, se hacen las proyecciones financieras para cada escenario y se comparan con la proyección financiera base. Esto permite evaluar los riesgos y oportunidades asociados con el proyecto y tomar decisiones informadas sobre su viabilidad financiera. La Ilustración 8 muestra un ejemplo de cómo se podría ver el análisis de sensibilidad de manera gráfica.

Ilustración 8. Ejemplo de análisis de sensibilidad



Fuente: elaboración propia.



1

2

3

4

5

6

Como se puede observar, al principio, puede que la rentabilidad del proyecto no sea la esperada, pero, si se realiza un ajuste en algunas de las variables críticas, es posible que se alcance el punto de equilibrio antes de lo deseado.

Algunos ejemplos de los escenarios que consideran diferentes posibilidades para tomar decisiones informadas sobre la viabilidad financiera y la rentabilidad del proyecto son:

- ✦ Variación en el costo por manejo de residuos (disposición y tratamiento). Variación en el costo por compra de energía.
- ✦ Variación en el costo del CAPEX por subsidios de terceros.
- ✦ Variación en el costo de venta por fertilizante.
- ✦ Inversión del total del CAPEX por parte de la contraparte.
- ✦ Inversión parcial por parte de la contraparte y el resto financiado con deuda.
- ✦ Financiación completa a través de deuda.

ra2studio/Shutterstock.com

# 3.3 RIESGOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Evaluar los riesgos de un proyecto es fundamental para identificar y comprender los desafíos potenciales y las amenazas que pueden afectar su éxito. Al realizar una evaluación de riesgo, quienes son responsables pueden tomar medidas preventivas y mitigar los riesgos identificados, lo que aumenta las posibilidades de éxito del proyecto. Además, la evaluación de riesgos permite planificar y asignar recursos de manera más efectiva, lo que puede reducir costos y mejorar la eficiencia en conjunto.



Ilustración 9. Posibles riesgos en el desarrollo del proyecto



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con esto, la guía también recomienda mitigar los riesgos, que pueden ser clasificados como:

- ✦ **Técnicos:** factibilidad, eficiencia, productos generados, espacio requerido.
- ✦ **Económicos:** viabilidad financiera, aumento de costos.

- ✦ **Legal:** permisos, licencias, consenso de las comunidades.
- ✦ **Operacionales:** variación en la composición, cantidades de residuos, mantenimiento, capacitación, generación de olores y vectores.



1

2

3

4

5

6

## Riesgos técnicos

Los riesgos técnicos incluyen desafíos en la implementación, la obsolescencia, la compatibilidad con otros sistemas y la dependencia de quienes son proveedores externos de la tecnología a implementar. Si no se identifican y abordan adecuadamente, estos riesgos pueden tener un impacto significativo en el tiempo de implementación, el presupuesto y la calidad del proyecto. La evaluación de los riesgos técnicos permite tomar medidas proactivas para minimizar su impacto y asegurar el éxito a largo plazo.

En la Tabla 3 se presentan los principales riesgos técnicos identificados en la implementación de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos y sus medidas de mitigación.

Tabla 3. Matriz de riesgos técnicos

Riesgo	Impacto del riesgo	Medidas de mitigación del riesgo
<b>Residuos no segregados</b>	La presencia de residuos no deseados, como metales o plásticos, puede deteriorar el sistema.	✦ Establecer un sistema o proceso para asegurar una buena separación en la fuente.
<b>Cambios en la cantidad y característica de los residuos</b>	Los cambios en la cantidad y composición de los residuos pueden afectar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Estimar la cantidad y las características de los residuos, así como el pronóstico de su generación, es necesario antes de decidir la tecnología. El enfoque estará en el desarrollo de las proyecciones de personas y generación de residuos.</li> <li>✦ Seguir métodos de muestreo y caracterización para después analizar los datos.</li> </ul>
<b>Emisiones de GEI</b>	La selección inadecuada de la tecnología puede conducir al aumento de las emisiones de GEI (principalmente de metano) e impactar la economía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Asegurar el proceso de operación (p. ej. aireación adecuada para compostaje).</li> <li>✦ Implementar sistemas de detección de fugas de metano.</li> </ul>
<b>Área disponible</b>	Posibilidad de que no haya suficiente espacio físico disponible para alojar la tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Evaluar las necesidades de espacio antes de la selección de la tecnología y el área de implementación para asegurar que el espacio disponible sea suficiente.</li> <li>✦ Tener en cuenta las proyecciones de generación de residuos a lo largo de la implementación del proyecto, para así evaluar la capacidad de ampliación del predio seleccionado.</li> </ul>
<b>Contaminación de fuentes hídricas o suelos</b>	Contaminación del agua debido a fugas o descargas de aguas residuales, lixiviados u otros productos (p. ej. digestato) a fuentes hídricas o suelos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Diseñar las instalaciones y descarga de efluentes en relación con los sistemas de alcantarillado o plantas de tratamientos.</li> <li>✦ Establecer un sistema de monitoreo continuo para detectar posibles fugas en el sistema.</li> <li>✦ Implementar mantenimientos preventivos a lo largo de la vida útil del proyecto para detectar y corregir fallos en el sistema.</li> </ul>



1

2

3

4

5

6

## Guía para la implementación de sistemas de gestión de residuos orgánicos



© Jrimages/shutterstock.com

### Riesgo

### Impacto del riesgo

### Medidas de mitigación del riesgo

#### Emisiones al aire

El sistema de combustión de algunas tecnologías puede causar emisiones de gases contaminantes al aire, lo que afecta al medio ambiente.

- ✦ Usar sistemas de quema para combustión de fugas, métodos de captura y filtros de limpieza de contaminantes.

#### Alto ruido en la operación de la planta

Se puede generar contaminación acústica debido a trituradores, motores o plantas de cogeneración. También puede ser molesto el ruido que se propaga a través de las aberturas del tubo de escape y el ventilador del área de la planta.

- ✦ Tener un plan de contingencia que evite y disminuya los ruidos del proyecto.
- ✦ Tomar medidas de mitigación del ruido previo a la construcción de la tecnología.

#### Ventilación inadecuada

El riesgo de ventilación inadecuada o avería del sistema de ventilación puede conducir a la acumulación de vapores y variación de la temperatura. Esto puede afectar el ambiente del personal y los procesos biológicos de tratamiento.

- ✦ Diseño de sistemas de ventilación.
- ✦ Establecer un sistema de monitoreo continuo para detectar posibles fallas en el sistema de ventilación.
- ✦ Implementar mantenimientos preventivos, a lo largo de la vida útil del proyecto, para detectar y corregir fallos en el sistema.

#### Cambio en la temperatura, pH, alcalinidad y otros parámetros fisicoquímicos

La alteración de estos parámetros puede ocurrir por cambios en el clima, en la composición de los residuos y en la eficiencia de las operaciones de los sistemas.

- ✦ Diseñar los sistemas de tratamiento con métodos de monitoreo de temperatura y corrección de los parámetros fisicoquímicos (p. ej. sistemas de calefacción o insolación).

#### Fiabilidad

La tecnología podría ser menos fiable y causar interrupciones en el funcionamiento del sistema.

- ✦ Evaluar la fiabilidad de la tecnología antes de su implementación (p. ej. revisar los casos de éxito en condiciones similares).
- ✦ Asegurar que el proyecto cuente con las medidas de recuperación de desastres adecuadas.

📄 Fuente: elaboración propia.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

## Riesgos operacionales

La operación de la tecnología puede afectar el proyecto, por lo que es necesario llevar a cabo sus procesos de manera efectiva y eficiente. Estos riesgos operacionales incluyen desafíos en la logística, el mantenimiento y la capacitación del personal. Si no se identifican y abordan estos riesgos, pueden tener un impacto significativo en la calidad del producto, la generación de olores y la rentabilidad a largo plazo. La evaluación de los riesgos operacionales permite planificar y preparar la respuesta para manejar cualquier desafío que pueda surgir durante el curso del proyecto.

La Tabla 4 indica los principales riesgos operacionales identificados en la implementación de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos y sus medidas de mitigación.

Tabla 4. Matriz de riesgos operacionales

Riesgo	Impacto del riesgo	Medidas de mitigación del riesgo
<b>Operación inadecuada</b>	La operación puede afectar la eficiencia de los procesos y dañar los equipos. Adicionalmente, puede perjudicar la rentabilidad del proyecto y también causar problemas a nivel medioambiental (p. ej. fugas de metano).	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Entregar manuales detallados sobre el manejo adecuado de la tecnología.</li> <li>✦ Incluir, en el contrato de proveedores, una capacitación al personal encargado de la operación de los sistemas.</li> <li>✦ Tener un buen manual de operación.</li> <li>✦ Desarrollar indicadores clave de desempeño (KPI, por su sigla en inglés) para la operación y monitorear frecuentemente el rendimiento.</li> </ul>
<b>Mala calidad de los equipos</b>	La baja calidad de los equipos del sistema (p. ej. aireadores) puede afectar los procesos de tratamiento y aumentar los costos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Revisar las referencias de las tecnologías antes de comprarlas (p.ej. vida útil, mantenimientos, característica de operación).</li> <li>✦ Tener garantías para los sistemas electromecánicos (2 a 5 años).</li> </ul>
<b>Generación de olores y vectores</b>	La operación inadecuada (p. ej. la falta de aireación en el proceso de compostaje) puede generar olores y atraer vectores debido a la descomposición incorrecta de los residuos orgánicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Capacitar al personal encargado de la operación de los sistemas en el momento de ser contratados.</li> <li>✦ Tener un manual de operación.</li> <li>✦ Implementar buenas prácticas de almacenamiento de los residuos y productos generados.</li> <li>✦ Usar productos para el control de plagas o filtros de gases en la ventilación.</li> </ul>



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



**Riesgo**

**Impacto del riesgo**

**Medidas de mitigación del riesgo**

**Mantenimiento inadecuado**

Normalmente, la tecnología empleada requiere una cantidad de tiempo, recursos y esfuerzo para mantener el funcionamiento de manera efectiva. Algunas tecnologías pueden requerir más mantenimiento comparado con otras (p. ej. biodigestor comparado con compostaje). El mantenimiento tanto preventivo como correctivo (p. ej. la necesidad de actualizaciones regulares, reparaciones y solución de problemas técnicos) puede afectar las eficiencias de los procesos y reducir la vida útil de los equipos.

- ✦ Elegir tecnologías que sean de fácil mantenimiento y disponer de los recursos adecuados para la solución de problemas y su conservación (p. ej. aproximadamente, del 4% al 5% del CAPEX se destina para OPEX. Esto puede variar de acuerdo con la tecnología, tamaño y parámetros del proyecto).
- ✦ Realizar el mantenimiento regular y proporcionar capacitaciones y recursos a quienes son responsables del cuidado del proyecto para que puedan realizar su trabajo de manera efectiva.

**Poco conocimiento técnico del personal**

El personal encargado de las operaciones puede tener dificultades para aprender y utilizar las nuevas tecnologías. Esto puede llevar a un aprendizaje lento o a un uso inadecuado de la tecnología, lo que puede afectar negativamente la eficacia y el rendimiento del sistema.

- ✦ Proporcionar capacitaciones acordes a las instrucciones de la empresa proveedora y según lo definido en el manual de operaciones.

**Rotación o falta de mano de obra**

El cambio de personal y la falta de mano de obra calificada para operar y mantener la tecnología puede causar problemas en la operación del sistema.

- ✦ Evaluar las necesidades de mano de obra antes de la implementación y asegurarse de tener suficiente personal capacitado y disponible.
- ✦ Contratar a personal externo, si es necesario, para implementar la tecnología o para complementar la labor del personal del proyecto.

**Riesgo de incendio**

Los residuos inflamables (p. ej. plásticos separados de los orgánicos) y los procesos de generación de energía (p. ej. biodigestión) pueden tener riesgos de explosión o de incendios.

- ✦ Reducir el tiempo de almacenamiento de los residuos inflamables en el sitio de operación.
- ✦ Instalar sistemas de seguridad (p. ej. quemadora de biogás) o de detección de incendios.
- ✦ Instalar sistemas contraincendios y capacitar al personal sobre su uso.

**Falta de soporte técnico por parte de empresas proveedoras**

La tecnología podría carecer de soportes después de su implementación y esto puede dificultar las medidas de mitigación de los problemas operacionales.

- ✦ Asegurar que la tecnología elegida cuente con una empresa proveedora que brinde un soporte confiable y que se hayan establecido acuerdos adecuados para el tiempo de implementación del proyecto.
- ✦ Identificar múltiples empresas locales que pueden operar y/o mantener los sistemas implementados.



1

2

3

4

5

6

## Riesgos económicos

Los riesgos económicos y financieros de un proyecto pueden afectar su viabilidad. Estos riesgos incluyen desafíos en la obtención de financiación, gestión de costos y en la generación de ingresos. Si no se identifican y abordan, estos riesgos pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. La evaluación de los riesgos financieros permite tomar medidas proactivas para así minimizar su impacto y garantizar la viabilidad económica del plan a seguir.

La tabla 5 presenta los principales riesgos económicos identificados en la implementación de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos y sus medidas de mitigación.

Tabla 5. Matriz de riesgos económicos

Riesgo	Impacto del riesgo	Medidas de mitigación del riesgo
<b>Aumento de los costos de inversión</b>	La selección incorrecta de la tecnología, según los parámetros operacionales, ambientales y económicos, además de una inadecuada planeación de financiación pueden conducir a pérdidas económicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar previamente un estudio de factibilidad para identificar todos los costos, incluyendo los análisis de flujos de caja y de rentabilidad durante la vida útil de los proyectos.</li> <li>Identificar diferentes fuentes y opciones de financiamiento (p. ej. a través de la combinación de fondos públicos, diferentes donantes, bancos de desarrollo y fondos privados, entre otros).</li> <li>Identificar los costos de reinversión que requieren las tecnologías durante su vida útil.</li> <li>Tener en cuenta los cambios de parámetros macroeconómicos (p. ej., TRM, tasa de interés, inflación, entre otros).</li> </ul>
<b>Tarifas bajas en el manejo de residuos</b>	Bajas tarifas en el manejo de residuos en las operaciones de gestión y tratamiento ocasionan que el sistema sea inaccesible y no rentable. Además, dar la operación de la recolección de ingresos a las empresas privadas puede no garantizar la buena calidad del servicio de las personas beneficiadas por el proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar las proyecciones con base en los datos y la información adecuada de las tarifas.</li> <li>Ofrecer el servicio de tratamiento a quienes son actores y generan mayor cantidad de residuos por un costo más elevado.</li> <li>Buscar mejores empresas o personas compradoras para los productos generados (p. ej. compost, energía, entre otros).</li> <li>Evaluar todas las fuentes de ingresos y subsidios que pueden evitar la dependencia de las tarifas para la gestión de residuos.</li> </ul>
<b>Aumento en costo de mantenimiento</b>	Un mantenimiento inadecuado de los equipos puede provocar la detención del sistema y pérdidas económicas durante la operación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar a operadores del sistema en temas de operación y separación en la fuente.</li> <li>Realizar mantenimientos preventivos y periódicos de los equipos.</li> <li>Planear un fondo de recursos financieros adicionales para reparar o corregir los daños no planeados. Este valor se puede estimar de acuerdo con los valores de los equipos críticos de los sistemas.</li> </ul>



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Farknot Architect/shutterstock.com



**Riesgo**

**Impacto del riesgo**

**Medidas de mitigación del riesgo**

**Cambio de parámetros macroeconómicos**

El modelo financiero se puede afectar por tasas de cambio, inflación, salarios, aumento del precio de los servicios, incremento de los costos de combustible, entre otros.

- ✦ Planificar los gastos futuros revisando las proyecciones de supuestos.
- ✦ Monitoreo de los parámetros macroeconómicos y ajustes de las estrategias financieras.
- ✦ Reserva de recursos adicionales para cubrir los aumentos en gastos inesperados.

**Cambios en los precios de venta de productos y coproductos**

Estos cambios pueden afectar los ingresos del proyecto y la rentabilidad.

- ✦ Realizar una investigación del mercado existente para los productos generados con el sistema de tratamiento.
- ✦ Monitorear periódicamente la competencia que existe en el mercado y aprovechar los subsidios o incentivos para la venta de los productos generados.

**Cambios en los incentivos gubernamentales**

La reducción de los incentivos para la inversión, operación o venta de productos puede afectar negativamente los modelos financieros.

- ✦ Realizar una evaluación de las regulaciones gubernamentales y políticas disponibles.
- ✦ Desarrollar los modelos financieros con escenarios de sensibilidad, sin subsidios, y planearlos adecuadamente.

**Limitación de empresas proveedoras de tecnologías**

La escasez de diferentes empresas proveedoras de la tecnología seleccionada dificulta la implementación y operación de los sistemas.

- ✦ Desarrollar el mercado local con apoyo de las entidades públicas, a través de diferentes programas.
- ✦ Anunciar las licitaciones, especialmente con las empresas involucradas en la gestión de agua y saneamiento.
- ✦ Desarrollar proyectos con contratos de larga duración para poder cumplir los objetivos.

**Infraestructura inadecuada**

La infraestructura inadecuada (p. ej. área, redes de energía, agua, gas, suelos adecuados, entre otros) puede aumentar el riesgo de implementar y operar los sistemas sin lograr el mejor resultado posible.

- ✦ Revisar la infraestructura disponible durante los estudios de factibilidad e implementar la tecnología adecuada.



1

2

3

4

5

6

## Riesgos legales

Estos riesgos incluyen retos en el cumplimiento de las leyes, regulaciones, permisos, entre otros marcos legales. Si no se identifican y abordan adecuadamente desde el inicio del proyecto, los riesgos legales pueden tener un impacto significativo en la reputación y la viabilidad del proyecto y en su desarrollo a largo plazo.

La tabla 6 muestra los principales riesgos legales identificados en la implementación de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos y sus medidas de mitigación.

Tabla 6. Matriz de riesgos legales

Riesgo	Impacto del riesgo	Medidas de mitigación del riesgo
<b>Adquisición de tierras</b>	La selección de terrenos sin una investigación técnica puede acabar en problemas medioambientales y legales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar los documentos legales del terreno con la parte autorizada antes de invertir (p. ej. usos del suelo, permisos ambientales y certificado de tradición y libertad).</li> <li>Tener en cuenta el uso del suelo establecido por la normativa.</li> </ul>
<b>Falta de consenso con las comunidades aledañas, impidiendo la implementación del proyecto</b>	Ejecutar el proyecto sin informar a las comunidades puede crear retrasos en el desarrollo del proyecto y generar problemas operacionales y legales con quienes están involucrados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las comunidades deben estar informadas de las instalaciones del proyecto y sus opiniones deben tenerse en cuenta antes de implementar los proyectos.</li> </ul>
<b>Incumplimiento de permisos ambientales</b>	Permisos, aprobaciones o incumplimiento en la solicitud de permisos puede llevar a la clausura temporal o definitiva del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar las regulaciones ambientales aplicables.</li> <li>Desarrollar un EIA o un PMA para proyectos grandes que requieren permisos y revisar toda la documentación técnica del sitio seleccionado.</li> </ul>
<b>Deficiencia en el marco legal e institucional</b>	La falta de apoyo técnico y legal del gobierno o entidades públicas en la fase de desarrollo del proyecto puede obstaculizar el proceso de la adopción u operación de la tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construir una relación cercana con el Gobierno y entidades públicas.</li> <li>Buscar el apoyo de diferentes entidades e instituciones para la implementación del proyecto.</li> </ul>
<b>Salud y seguridad en la zona de implementación del sistema</b>	Problemas relacionados con la salud (p. ej. erupciones cutáneas) y la seguridad de quienes trabajan durante la implementación y operación puede afectar el desarrollo del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumplir con los lineamientos legales para el cuidado de la salud y seguridad ocupacional e industrial del personal, incluida la evaluación de peligros y riesgos.</li> <li>Uso obligatorio de equipo de protección personal según lo reglamentado por la normativa.</li> <li>Capacitar al personal encargado de la operación de los sistemas.</li> </ul>



1

2

3

4

5

6



© GIZ

**Riesgo**

**Impacto del riesgo**

**Medidas de mitigación del riesgo**

**Cumplimiento legal**

Leyes, estándares legales o directrices para la utilización de tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos.

- ✦ Conocer los estándares o directrices de las diferentes entidades locales y gubernamentales relacionadas con el proyecto.
- ✦ Estar al tanto de nuevas emisiones de estándares o reglamentaciones por parte del equipo legal del proyecto.

**Contratos**

Falta de conocimiento técnico y formulación incorrecta de los contratos.

- ✦ Tener contratos que cumplan con las leyes y las necesidades del proyecto.

**Deficiencia en la alineación con las políticas nacionales y locales**

La falta de alineación con las políticas nacionales y locales en términos de la aplicación de tecnologías puede conducir a una baja participación del sector público y privado.

- ✦ Revisión de las políticas nacionales y locales aplicables para la tecnología.
- ✦ Comunicación abierta y transparente con las agencias gubernamentales.

📄 Fuente: elaboración propia.



1

2

3

**4**

5

6



Guía para la implementación  
de sistemas de gestión de  
residuos orgánicos

# ETAPA 3: ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO

# 4.

SENA



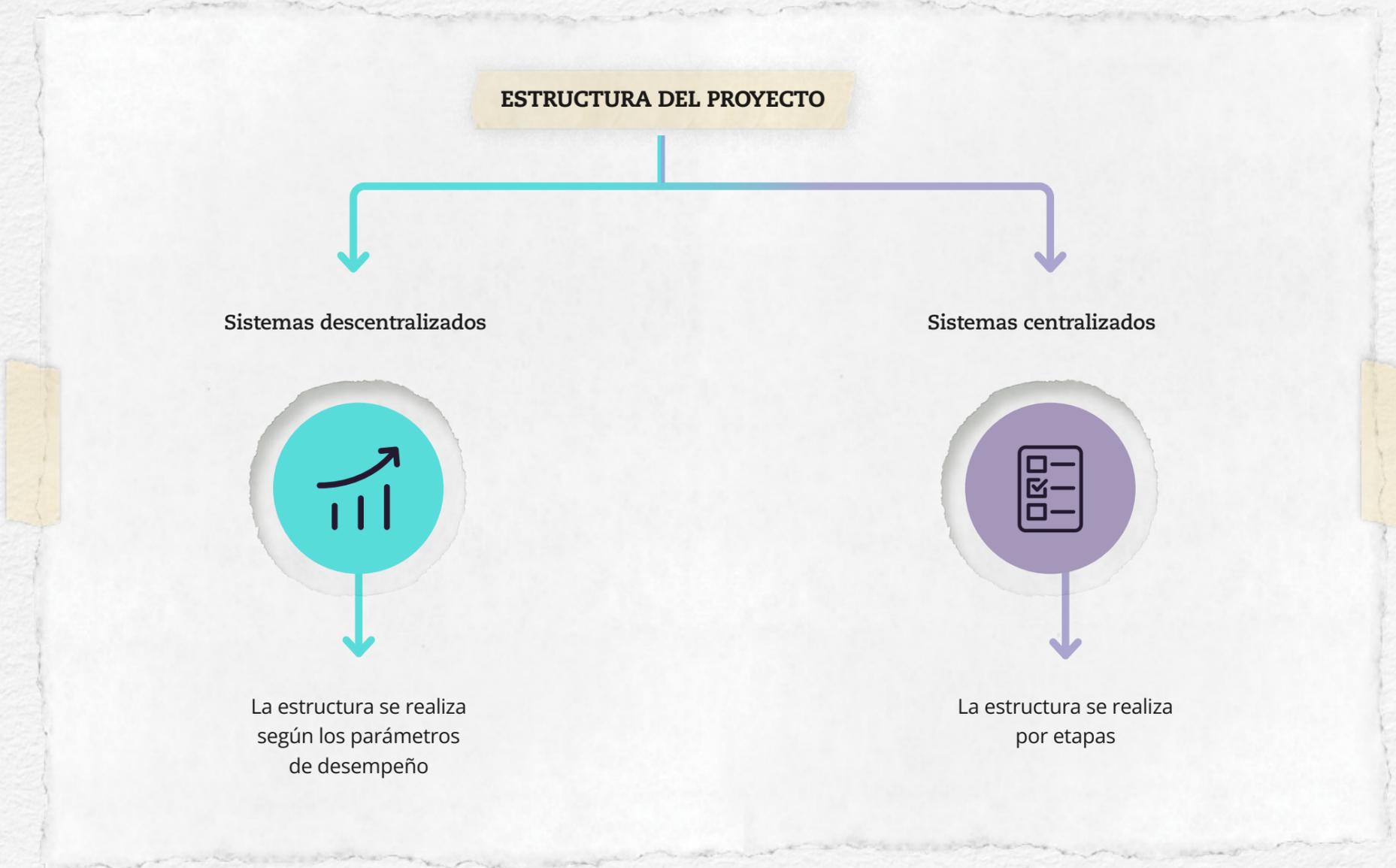


- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

La planificación de un proyecto es esencial para su éxito y garantiza que se cumplan los objetivos establecidos y se alcance un resultado exitoso a largo plazo. Durante esta fase, se determina la gobernanza del proyecto a partir del ejercicio de establecer un presupuesto final, identificar los recursos disponibles, acordar los contratos necesarios y asignar la responsabilidad de la operación del proyecto.

Adicionalmente, es importante considerar el tipo de proyecto; es decir, si es un sistema centralizado o descentralizado. Los sistemas descentralizados de tratamiento de residuos sólidos tienen un enfoque de gestión local y cercana a la fuente de generación, mientras que los sistemas centralizados realizan la recolección y transporte de los residuos a una sola instalación central para su tratamiento y disposición.

Ilustración 10. Estructuración del proyecto



■ Fuente: elaboración propia.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

## 4.1 SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

Estos sistemas de tratamiento son soluciones de gestión de residuos orgánicos que se llevan a cabo a nivel local o a pequeña escala y permiten un ahorro en los costos asociados al transporte, ya que realizan un tratamiento in situ, directamente en el lugar. Estos sistemas pueden ser eficaces, especialmente en áreas rurales o de difícil acceso, y mejoran la sostenibilidad ambiental y el manejo de residuos.

A partir de la viabilidad del proyecto, se determinan los parámetros de desempeño para evaluar las diferentes tecnologías y las industrias en las que se implementan. Algunos de los parámetros de desempeño más comunes para evaluar son:

- ✦ Eficiencia.
- ✦ Tipo de producto.
- ✦ Cantidad y calidad de productos.
- ✦ Cantidad de tratamiento.
- ✦ Ahorro de costos.

- ✦ Fiabilidad.
- ✦ Rentabilidad.
- ✦ Escalabilidad.

### Ingeniería

La ingeniería que se utiliza para el desarrollo de estos sistemas es menor a la que se requiere en los sistemas centralizados. Esta ingeniería no es parte de la tecnología; sin embargo, es necesaria para su implementación. En otras palabras, reúne las obras e instalaciones necesarias para que la tecnología seleccionada funcione, por ejemplo:

- ✦ Identificación y revisión técnica de las redes eléctricas.
- ✦ Identificación y revisión técnica de las redes hidráulicas.
- ✦ Identificación y revisión técnica de las redes de gas.

- ✦ Obras civiles necesarias (p. ej. placa o bodega).
- ✦ Conexiones necesarias (p. ej. sistemas eléctricos e hidrosanitarios).

- ✦ Trámites y permisos necesarios para la construcción de las plantas.
- ✦ Seguridad contra incendios.
- ✦ Seguridad del sitio para proteger los equipos, maquinaria, entre otros elementos, durante la construcción.

© GIZ





## 4.2

# SISTEMAS CENTRALIZADOS

A diferencia de los descentralizados, los sistemas centralizados son soluciones de gestión de residuos llevadas a cabo a una escala mayor (p. ej. más de 5 toneladas por día), generalmente en una instalación central. Estos sistemas pueden ser más eficaces en términos de costo y eficiencia que los sistemas descentralizados, pero también pueden requerir más infraestructura y una mayor inversión inicial. Además, los sistemas centralizados pueden ser más difíciles de implementar en áreas rurales o de difícil acceso, puesto que para operar requieren grandes volúmenes de residuos orgánicos por día.

Debido a su tamaño, estos sistemas necesitan de un estudio más detallado de ingeniería, incluyendo estudios de suelos, elaboración de planos, obras civiles, adquisición de tecnología, cronograma de actividades y elaboración de un presupuesto detallado. Se recomienda hacer este proceso por etapas.

### Ingeniería básica

La ingeniería básica implica el establecimiento de los conceptos técnicos básicos, los criterios y las normas de un proyecto, el tipo y el tamaño de la planta, el proceso y los equipos que se emplearán, las previsiones para futuras ampliaciones y el grado de mecanización y automatización que se utilizará en la planta. En resumen, la ingeniería básica incluye, pero no se limita a:

- ✦ Preparación de cálculos de procesos y balances de materiales.
- ✦ Preparación del flujo de los balances de materia y energía.
- ✦ Preparación de listas de equipos.
- ✦ Determinar dimensión de equipos.
- ✦ Preparación de planos preliminares.
- ✦ Suministro de información y datos civiles básicos con respecto al proceso y los equipos:
  - Revisar capacidad de redes de electricidad.
  - Revisar redes hidráulicas.

Al igual que con los sistemas descentralizados, la ingeniería básica del proyecto ayuda a establecer:

- ✦ Balance de masas (entrada y salida de productos).
- ✦ Balance de energía (consumo y generación de energía).
- ✦ Estimación de costos.

### Ingeniería de detalle

La ingeniería de detalle de un proyecto de tratamiento de residuos orgánicos es la fase de planificación en la que se definen y diseñan los componentes y sistemas específicos. Se lleva a cabo a partir de un análisis técnico, luego se realiza un diseño detallado y se elaboran los planos y especificaciones técnicas necesarias para la construcción y la implementación del proyecto. En esta etapa, se determinan los requisitos de materiales, mano de obra y equipos, desde un seguimiento de los costos y del plan de tiempo para asegurar el desarrollo de las actividades dentro del presupuesto y de los plazos previstos. Algunos ejemplos de lo que se debe realizar en esta etapa son:

- ✦ **Planos arquitectónicos y de construcción:** incluyen detalles de la ubicación, diseño y construcción de las estructuras involucradas en el proyecto.
- ✦ **Especificaciones técnicas:** describen los materiales, sistemas y componentes que se usarán en la construcción del proyecto.

- ✦ **Programa de trabajo y cronograma:** este documento describe el calendario de trabajo, los hitos clave y las fechas de entrega del proyecto.
- ✦ **Balance de cantidades:** es el listado de materiales, mano de obra y otros costos necesarios para llevar a cabo la construcción del proyecto.
- ✦ **Presupuesto detallado:** este presupuesto contiene una lista detallada de los costos directos e indirectos del proyecto, incluidos los materiales, mano de obra y gastos generales.
- ✦ **Plan de seguridad y salud ocupacional (SST):** describe las medidas necesarias para garantizar la seguridad del personal y la protección de su salud durante la construcción del proyecto.



- 1
- 2
- 3
- 4**
- 5
- 6

## 4.3 GOBERNANZA

La gobernanza de proyectos se refiere a los procesos, estructuras y relaciones que se establecen para garantizar la efectiva dirección y control de la iniciativa.

La gobernanza de proyectos es esencial para garantizar la dirección efectiva y el control de un proyecto y para asegurar su éxito a largo plazo.



© Jimages/shutterstock.com

Algunos aspectos clave de la gobernanza a tener en cuenta en la estructuración de un proyecto son los siguientes:





## 4.4 DEFINICIÓN DE LA FINANCIACIÓN PARA EL PROYECTO

Para determinar los recursos necesarios, es importante identificar y analizar todas las tareas y actividades que deben realizarse para alcanzar los objetivos del proyecto. Esto incluye la asignación de los recursos necesarios para cada etapa, incluyendo el personal, los materiales y los suministros.

Los recursos para el proyecto pueden obtenerse de diferentes fuentes, como financiación interna, préstamos, inversionistas, donaciones, bonos, entre otros. La elección de la fuente de financiamiento dependerá de la naturaleza y escala del proyecto, la disponibilidad de fondos y los términos y condiciones de cada fuente. Ade-

más, es importante tener en cuenta los costos asociados con cada fuente de financiamiento, incluyendo tasas de interés, comisiones y garantías, para determinar la fuente más apropiada. También, se debe considerar la importancia de la sostenibilidad financiera a largo plazo del proyecto, junto con la capacidad para generar ingresos y pagar el endeudamiento a medida que avanza su desarrollo.

© MEEKODONG/shutterstock.com



## 4.5 SELECCIÓN DE PROVEEDORES

En la etapa de suministro de tecnología, es importante la selección de proveedores debido a que es un proceso crucial para cualquier proyecto que busque mantener una cadena de suministro eficiente y eficaz. Es indispensable elegir proveedores que sean confiables, rentables y capaces de cumplir con los requisitos específicos del proyecto, a saber:

- ✦ **Capacidad y experiencia:** el proveedor debe tener la capacidad y experiencia necesaria para cumplir con los requisitos de la licitación. Esto incluye certificar la experiencia previa en proyectos similares y contar con personal calificado.
- ✦ **Garantía:** que pueda cubrir defectos de fabricación, problemas de calidad, de funcionamiento del producto, entre otros.
- ✦ **Equipos nacionales:** empresa con tecnología nacional y un equipo de profesionales y técnicos establecidos en el país, que estén capacitados y especializados para brindar un servicio rápido y eficiente.
- ✦ **Calidad del producto o servicio:** es importante que el proveedor ofrezca un producto o servicio de alta calidad que cumpla con los requisitos de la licitación. Esto puede incluir la capacidad de cumplir con las especificaciones técnicas, ofrecer garantías del producto y un servicio al cliente adecuado.
- ✦ **Precios competitivos:** seleccionar una empresa proveedora que ofrezca precios competitivos para el producto o servicio que se esté licitando, es decir un precio justo y razonable que esté en línea con los precios del mercado.
- ✦ **Cumplimiento de plazos:** acordar que la empresa proveedora pueda cumplir con los plazos de entrega establecidos en la licitación, ya que debe tener la capacidad de producir y entregar el producto o servicio en el tiempo requerido, así como la capacidad de cumplir con los costos establecidos al comienzo de la licitación.



1

2

3

4

5

6

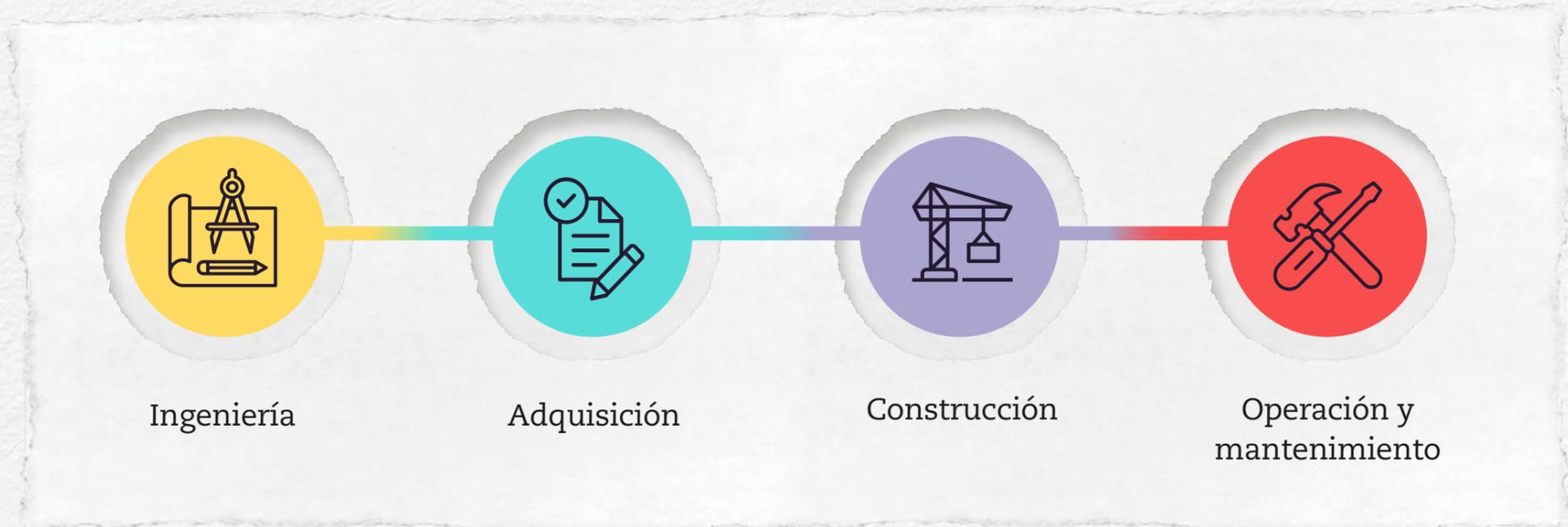
## 4.6

# CONTRATOS

En la etapa de estructuración del proyecto es importante determinar cuáles son los contratos necesarios para la implementación del proyecto. Como se observa en la Ilustración 11, existen cuatro pasos en medio de un contrato por Gestión de ingeniería, adquisiciones y construcción (EPCM, por sus siglas en inglés) para la implementación correcta de un proyecto.

© Daniel Hernández

Ilustración 11. Diagrama EPCM



■ Fuente: elaboración propia.

Además, es importante tener en cuenta los siguientes factores para la elaboración de un contrato:

- ✦ **Alcance del trabajo:** definir de manera concisa y clara los objetivos y responsabilidades de cada tarea que se llevará cabo y desde un enfoque en los requisitos, plazos y entregables esperados.
- ✦ **Calidad:** establecer criterios claros de calidad para asegurar que el trabajo cumpla con los estándares requeridos.

- ✦ **Costo:** crear un presupuesto y ajustarlo de manera oportuna, en caso de haya cambios en el alcance o en las condiciones del mercado.
- ✦ **Fechas de entrega:** diseñar un cronograma detallado y asegurarse de que todas las partes comprendan y acepten los plazos acordados por los distribuidores de las tecnologías y los encargados de las obras civiles.

- ✦ **Comunicación:** acordar un plan de comunicación efectivo para mantener a todas las partes informadas y asegurarse de que las expectativas estén claras.
- ✦ **Responsabilidades:** definir las responsabilidades de cada parte y establecer mecanismos de resolución de disputas, en caso de ser necesarios.
- ✦ **Condiciones legales:** asegurar que todos los acuerdos cumplan con las leyes y regulaciones aplicables y que todas las partes tengan una comprensión clara de sus derechos y obligaciones.





1

2

3

4

5

6

40

## 4.7 OPERACIÓN

La fase de operación reúne todos los procesos y actividades desarrolladas durante la vida útil del proyecto o como se haya definido en el contrato. Esto incluye tareas como la instalación y puesta en marcha de los equipos, la formación de las personas que van a usar la iniciativa, la transferencia del proyecto al personal operativo, la monitorización y el mantenimiento de la infraestructura, la realización de mejoras y actualizaciones y la resolución de problemas técnicos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de lo que se pueden presentar en la fase de operación de un proyecto:

- ✦ **Instalación y puesta en marcha:** se realizan las tareas indispensables para instalar y poner en funcionamiento los equipos y sistemas necesarios para el proyecto.
- ✦ **Formación de usuarios:** se brinda capacitación para que las personas interesadas puedan utilizar el producto o sistema de manera efectiva.
- ✦ **Transferencia al personal operativo:** se transfiere la responsabilidad del proyecto al personal operativo que lo mantendrá a largo plazo.
- ✦ **Monitoreo y mantenimiento:** se monitorean y mantienen los equipos y sistemas para verificar que se cumplan los requisitos y objetivos establecidos.
- ✦ **Mejoras y actualizaciones:** se realizan mejoras y actualizaciones en el producto o servicio para maximizar su desempeño y funcionamiento.
- ✦ **Resolución de problemas técnicos:** se resuelven los problemas técnicos que surjan durante el uso del producto o servicio.
- ✦ **Evaluación de desempeño:** se evalúa el desempeño del proyecto para determinar si se cumple con los objetivos establecidos y la identificación de áreas de mejora.

La lista exacta de tareas depende del proyecto específico y varía según las necesidades y requisitos del proyecto. Es importante tener en cuenta que la fase de operación es una parte crítica del ciclo de vida del proyecto y debe ser planificada y ejecutada cuidadosamente para garantizar su éxito a largo plazo.



© Daniel Hernández



1

2

3

4

**5**

6



Guía para la implementación  
de sistemas de gestión de  
residuos orgánicos

# ADJUDICACIÓN DE CONTRATOS

# 5.

© Daniel Hernández

© Daniel Hernández





- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Finalmente, para la realización, se decide cómo se llevará a cabo la iniciativa seleccionada. Existen diferentes maneras para adjudicar los contratos para la implementación del proyecto. A continuación, se describen dos de los modelos de contratación más comunes en los proyectos. La elección de un modelo específico depende de varios factores, incluyendo el tamaño y la complejidad del proyecto, los recursos disponibles y las preferencias del propietario o cliente (Hartman, 2003).

Por lo general, **los sistemas descentralizados utilizan la adjudicación de todo en conjunto** debido a su facilidad en la implementación. Por el contrario, **los sistemas centralizados, debido a su tamaño y complejidad, prefieren la adjudicación de contratos por partes**. Sin embargo, en cualquiera de los sistemas (descentralizados y centralizados), se puede utilizar cualquiera de las formas de licitación.

A continuación, se hace una explicación de estos modelos de contratación y se explican algunas de sus ventajas y desventajas.

Ilustración 12. Licitación de un proyecto



■ Fuente: elaboración propia.

# 5.1 ADJUDICACIÓN DE TODO EN CONJUNTO

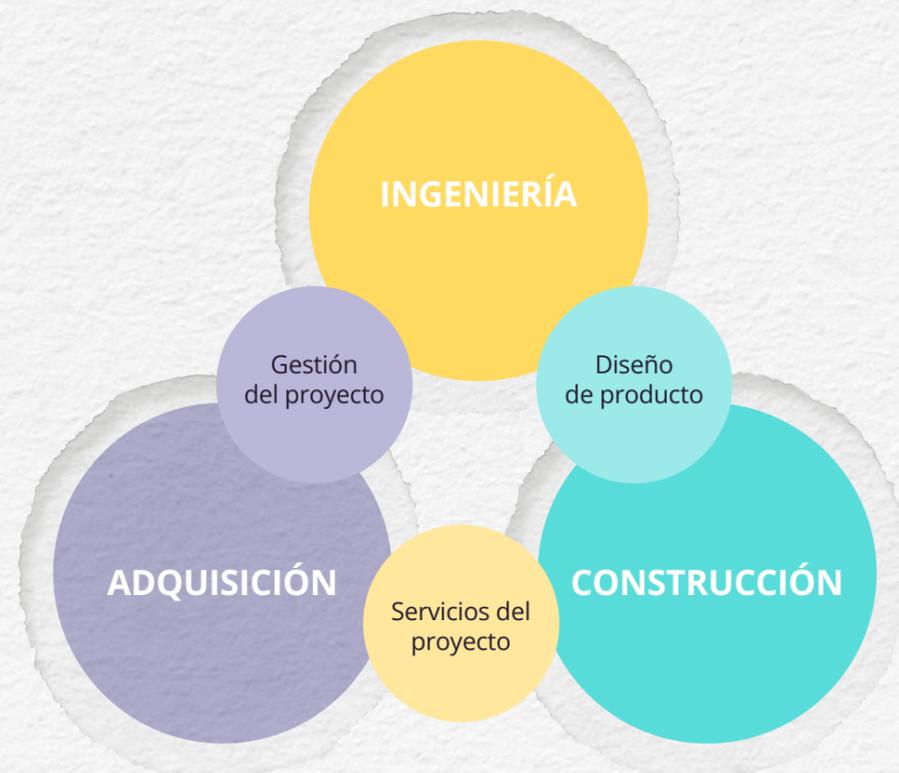
Este modelo de contratación se refiere a la Ingeniería, Adquisición y Construcción, o en inglés *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC). En este modelo de contratación, una em-

presa o un contratista es responsable de todas las fases del proyecto, desde la ingeniería y diseño hasta la adquisición de los materiales y la construcción final.

En este modelo, la empresa que opera bajo un contrato EPC es responsable de la gestión de todos los recursos y actividades necesarias para completar el proyecto, de acuerdo con las especificaciones y los plazos acordados. Este modelo de contratación es común en proyectos de construcción y de infraestructura.

✦ **Mejor coordinación entre los diferentes equipos:** permite una mayor coordinación entre los diferentes equipos y partes interesadas, lo que aumenta la eficiencia y la efectividad del proyecto.

Ilustración 13. Diagrama del modelo EPC



### Ventajas:

- ✦ **Una sola empresa contratista es responsable del proyecto:** con el modelo EPC, se contrata a una sola empresa para realizar todas las actividades de ingeniería, adquisición y construcción, lo que simplifica la gestión del proyecto y reduce la cantidad de partes interesadas.
- ✦ **Mejor control de costos:** el contratista es responsable de la adquisición y la construcción, lo que permite una mejor administración de los costos y prevención de sobrecostos.
- ✦ **Mayor eficiencia en la planificación y ejecución:** el contratista es responsable de la planificación y ejecución del proyecto, lo que permite una mayor eficiencia y una mejor integración de los diferentes aspectos del proyecto.

### Desventajas:

- ✦ **Riesgo elevado:** este modelo transfiere gran parte del riesgo a la empresa contratista, lo que puede resultar en costos adicionales si no se gestiona adecuadamente.
- ✦ **Bajo control sobre el proyecto:** el modelo EPC puede resultar en una pérdida de control sobre el proyecto, ya que la empresa contratista es la responsable de la mayor parte de las decisiones de ingeniería y construcción.
- ✦ **Dificultades en el monitoreo del proyecto:** la monitorización de los proyectos EPC puede ser un desafío, puesto que la empresa contratista es la responsable de la gestión de los proveedores y subcontratistas.

■ Fuente: elaboración a partir de postulados de Hartman (2003).



## 5.2 ADJUDICACIÓN POR PARTES

Esta opción permite la contratación de **diferentes etapas** del proyecto con **diferentes prestadores** de servicio. Por ejemplo, se podría contratar una empresa encargada de la ingeniería del proyecto, otra para la construcción del proyecto y, finalmente, una para la operación y mantenimiento del proyecto. Algunos ejemplos de este tipo de contratación son:

**Contrato EPCM:** la empresa que opera bajo un contrato EPCM es responsable de la planificación, diseño, supervisión y gestión de la construcción en nombre del propietario del proyecto (p. ej. permisos, estudios de suelos, licencias).

**Contratación por contrato de suministro:** la empresa contratista es responsable de la adquisición de los materiales y suministros necesarios para la realización del proyecto. Este tipo de contrato garantiza el flujo constante, por un tiempo determinado, de la materia prima, materiales, repuestos, entre otros, para la construcción de un proyecto. De esta manera, ambas partes se benefician permitiendo tanto un precio fijo durante la adquisición de los insumos como el abastecimiento oportuno durante el tiempo establecido en el contrato.

**Contratación por construcción a término:** la empresa contratista es responsable de la construcción de la obra y la entrega a un plazo determinado.

En este tipo de adjudicaciones, se emiten diferentes licitaciones para la ejecución del proyecto por etapas.

### Ventajas:

- ✦ **Flexibilidad:** la empresa contratada para el manejo del proyecto puede adaptarse a los cambios en los requisitos del proyecto y proporcionar soluciones creativas.
- ✦ **Experiencia técnica:** la empresa contratada para el manejo del proyecto puede tener una amplia experiencia en la planificación, diseño, adquisición, construcción y gestión de proyectos.
- ✦ **Control de costos:** puede controlar los costos del proyecto mediante la planificación y el monitoreo de los presupuestos y la optimización de los recursos.

- ✦ **Mejora de la calidad:** ayuda a mejorar la calidad del proyecto, ya que proporciona un enfoque integrado y coordinado para la gestión de las iniciativas.
- ✦ **Reducción de riesgos:** la persona propietaria del proyecto puede disminuir la probabilidad de riesgos al contratar un tercero experimentado y capacitado.

### Desventajas:

- ✦ **Mayor complejidad:** los contratos por partes pueden ser más complejos que otros modelos de contratación debido a la naturaleza de las responsabilidades de quien gerencia la construcción.
- ✦ **Mayor riesgo para el contratista:** la mayoría de los riesgos asociados con la construcción del proyecto recaen en los contratos desarrollados previamente. Es decir que los contratos adjudicados, de ingeniería o servicios, podrían condicionar el éxito de los contratos de construcción. En caso de una mala ejecución, el desarrollo del proyecto podría presentar sobrecostos en diferentes etapas.

- ✦ **Mayor supervisión requerida:** los contratos por partes pueden requerir una mayor supervisión y monitoreo por parte de la persona propietaria del proyecto, lo que puede ser costoso y tener un impacto en la eficiencia de los objetivos.
- ✦ **Mayor tiempo de planificación:** el proceso de planificación es más demorado y detallado, lo que puede resultar en un tiempo de inicio más lento para el proyecto.





1

2

3

4

5

**6**



Guía para la implementación  
de sistemas de gestión de  
residuos orgánicos

# RESUMEN

# 6.



© Daniel Hernández



1

2

3

4

5

6

## Guía para la implementación de sistemas de gestión de residuos orgánicos

La implementación de sistemas descentralizados de gestión de residuos orgánicos es un proceso que requiere de planificación, organización y ejecución. Se debe tener en cuenta que los datos y parámetros varían para todos los proyectos y, por tal motivo, es necesario hacer una evaluación exhaustiva por separado para determinar la viabilidad de cada proyecto.

Natalia Mels/Shutterstock.com



### Etapa 1 Línea base

La línea base del proyecto es un componente esencial para la gestión de la iniciativa, que permite una visión clara y concisa de los objetivos y los requisitos del proyecto. Para esta etapa, se debe recopilar toda la información relevante respecto a:

- Información técnica sobre generación, cantidades y tipos de residuos.
- Composición de los residuos.
- Proyecciones.
- Información operativa.
- Información económica.

Una buena planeación se logra a través de la documentación, comunicación, entrevistas o encuestas con los interesados en el proyecto. Con la recopilación de toda la información, se puede pasar a la siguiente etapa.



### Etapa 2 Estudio de viabilidad

El estudio de viabilidad busca evaluar si un proyecto es rentable, viable y factible antes de comenzar a implementarlo. Este estudio incluye una evaluación de los siguientes factores:

- Análisis de tecnología.
- Tecnologías.
- Parámetros.
- Evaluación financiera.
- Supuestos económicos.
- Costos.
- Ingresos.
- Flujos de caja.
- Rentabilidad.
- Escenarios de sensibilidad.
- Riesgos y medidas de mitigación.
- Riesgos técnicos.
- Riesgos operacionales.
- Riesgos económicos o financieros.
- Riesgos legales.

El estudio de viabilidad es una herramienta clave para evaluar y priorizar proyectos, optimizar la asignación de recursos y tomar decisiones informadas en cuanto al desarrollo de los proyectos. Si se determina que un proyecto no es viable, se puede evitar su ejecución temprana, lo que optimiza el tiempo y conserva recursos valiosos.



### Etapa 3 Estructuración del proyecto

Por medio de la estructuración del proyecto, se definen y organizan los componentes claves de un proyecto para así asegurar que esté delimitado y organizado de manera efectiva. Incluye la identificación y definición de:

- Tamaño del proyecto, ya sea un sistema descentralizado o centralizado.
- Gobernanza.
- Definición de recursos para el proyecto.
- Selección de proveedores.
- Contratos.
- Operación.

La claridad, precisión y documentación en la estructuración de un proyecto son fundamentales para garantizar una planificación y gestión eficiente. Esta estructuración es la base sobre la que se desarrollará todo el proyecto.



# BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A. S. (2014). Aprovechamiento energético de residuos sólidos municipales mediante el uso de tratamientos de avanzada. *Cegesti*, 4 (235), 1-4. [http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_253\\_240314\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_253_240314_es.pdf) Atin Biswas, Shailshree Tewari & Subhasish Parida (2021). *Decentralized Management of Segregated Organic Waste*. Centre for Science and Environment, New Delhi
- Banco de la República. (2 de Noviembre de 2022). *Estadísticas Económicas*. Obtenido de <https://totoro.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/faces/pages/charts/line.xhtml?facesRedirect=true>
- Cantanhede, A., Monge, G., Sandoval Alvarado, L., & Caycho Chumpitaz, C. (2009). Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. *Revista AIDIS De Ingeniería y Ciencias Ambientales*. Investigación, Desarrollo y práctica, 1(1). Recuperado a partir de <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/13553>
- DANE. (2 de Noviembre de 2022). *Índice de Precios al Consumidor*. Obtenido de <https://sitios.dane.gov.co/ipc/visorIPC/#/>
- Dortmans B.M.A., Diener S., Verstappen B.M. & Zurbrügg C. (2017) *Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide* Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Suiza
- FAO. (2020). Evaluación final del proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa. (PROBIOMASA). Serie de evaluaciones de proyectos, 10/2020. Roma.
- GAIA. (2017). *Gasificación y pirólisis de residuos: procedimientos de alto riesgo y baja rentabilidad para el tratamiento de residuos*. <http://www.noburn.org/wp-content/uploads/Gasificación-y-pirólisis-2017-ESP.pdf>
- GIZ. (2022). *Análisis del potencial de valorización de los residuos orgánicos y reciclables en Bogotá*.
- GIZ. (2022b). *Estudio del Mercado de Valorización de los Residuos Reciclables en Bogotá*.
- GIZ. (2022c). *Análisis de la viabilidad técnico-económica para proyectos de tratamiento in situ de residuos orgánicos en las Plazas de Mercado de Bogotá*.
- GOPA Infra GmbH. (2022). *Estudio de mercado de valorización de los residuos sólidos orgánicos de Bogotá*. Bogotá.
- Hartman, F. T. (2003). *Ten Commandments of Better Contracting: A Practical Guide to Adding Value to an Enterprise Through More Effective SMART Contracting*/ Francis T. Hartman. *American Society of Civil Engineers*.
- Klug, M. (2012). Pirólisis, un proceso para derretir biomasa. *Revista Química PUCP*, 26 (1-2), 37. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/101157>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*. 2da. Ed. / Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.); Universidad de los Andes. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados -CIACUA (consultor). Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2012. 240 p.
- Siddiqui, S. A. et al. (2022). Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Manag.* 2022 Mar 1;140:1-13. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X22000010>
- UPME, U. D.. (2018). Valorización energética de residuos: proyecto WTE Colombia. Obtenido de <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1339>



# GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

