



PT2

Construir el modelo operativo y la estructura de costos
fijos y variables para sistema de biodigestión en PDM
Quirigua.



Implementado por
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Bogotá, Colombia

26 de septiembre de 2025

Tabla de contenido

Abreviaturas.....	1
1 Introducción.....	2
2 Biodigestor 1,5 ton/día	3
2.1 Costos de inversión (CAPEX)	3
2.1.1 Costos de adquisición e instalación del biodigestor	3
2.1.2 Costos de obra civil	5
2.1.2.1 Demolición, excavaciones y estructura.....	6
2.1.2.2 Instalaciones hidrosanitarias.....	7
2.1.2.3 Instalaciones eléctricas	7
2.2 Costos de consumo del proyecto (OPEX).....	8
3 Recolección y transporte de residuos orgánicos.....	11
3.1 Escenario 1 - Costos de recolección y transporte propio.....	11
3.2 Escenario 2 - Costo de recolección con empresa prestadora de servicio de recolección y transporte de residuos orgánicos	12
4 Conclusiones	14

Lista de tablas

Tabla 1. Costos de inversión para la adquisición de un biodigestor	4
Tabla 2. Costos aproximados estudios técnicos.....	5
Tabla 3. Preliminares a la obra civil.....	6
Tabla 4. Demolición, excavaciones y estructura	6
Tabla 5. Instalaciones hidrosanitarias	7
Tabla 6. Instalaciones eléctricas.....	8
Tabla 7. Parámetros asociados - Biodigestor 1.5 ton/día.....	8
Tabla 8. Costos de salarios de operador y técnico - mensual	9
Tabla 9. Variables económicas	9
Tabla 10. Tarifas de consumos y ventas.....	10
Tabla 11. Costos mensuales de operación	10
Tabla 12. Ventajas y desventajas frente al sistema de recolección y transporte propio o gestionado por contratación privada.....	13

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Proceso de biodigestión 1,5 ton/día - Plazas de mercado.....	3
Ilustración 2. Ruta de recolección de residuos orgánicos - Plazas de mercado	11

Abreviaturas

CAPEX	Capital expenditure
COP	Pesos colombianos
EUR	Euro
GPD	Libras esterlinas
IPC	Impuesto al consumidor
IPES	Instituto para la Economía Social
IVA	Impuesto al valor agregado
kWh	Kilovatio-hora
ML	Metros lineales
OPEX	Operating expenditures
PDM	Plaza de mercado
PT	Plan de trabajo
UAESP	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos
UND	Unidad de trabajo

1 Introducción

La alta generación de residuos sólidos en los centros urbanos, en donde la fracción orgánica representa el mayor porcentaje (61%), constituye actualmente uno de los principales problemas ambientales que enfrentan las ciudades. El manejo inadecuado de estos residuos, centrado en su recolección y disposición final en rellenos sanitarios, ha generado múltiples impactos negativos como la reducción de la vida útil de los sitios de disposición, la emisión de gases contaminantes, y la producción de lixiviados con alta carga ambiental.

En este contexto, el Gobierno Nacional y el Distrito Capital han promovido iniciativas para fortalecer las estrategias de reducción y tratamiento de residuos, tales como el Programa Basura Cero, contemplado en el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026, y las metas estratégicas del Plan de Desarrollo Distrital “Bogotá Camina Segura”. En línea con estos compromisos, el Instituto para la Economía Social (IPES) y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) han definido unir esfuerzos con el fin de estructurar soluciones que optimicen el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las plazas de mercado.

Gracias al apoyo de la cooperación alemana, que previamente financió un estudio de prefactibilidad técnica y económica para un sistema de biodigestión en plazas de mercado, se busca desarrollar un modelo operativo y definir el tamaño y la estructura de costos fijos y variables del **sistema de biodigestión en la Plaza de Mercado Quirigua**. Este proceso será acompañado por la firma consultora **Ambire Global**, con los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar el modelo operativo a partir de la actualización de información correspondiente a la generación y composición de residuos por plaza. Esto incluye el desarrollo conceptual de las alternativas de uso para el biogás y digestato, así como los requerimientos para operación (operarios técnicos y operativos requeridos para el funcionamiento del biodigestor).
- Realizar la construcción de la estructura de costos fijos y variables, a partir de los insumos generados en el concepto tecnológico, la actualización de los costos de consumos (gas y energía) y disposición final, costos de transporte para la recolección, costos de operación, entre otros.

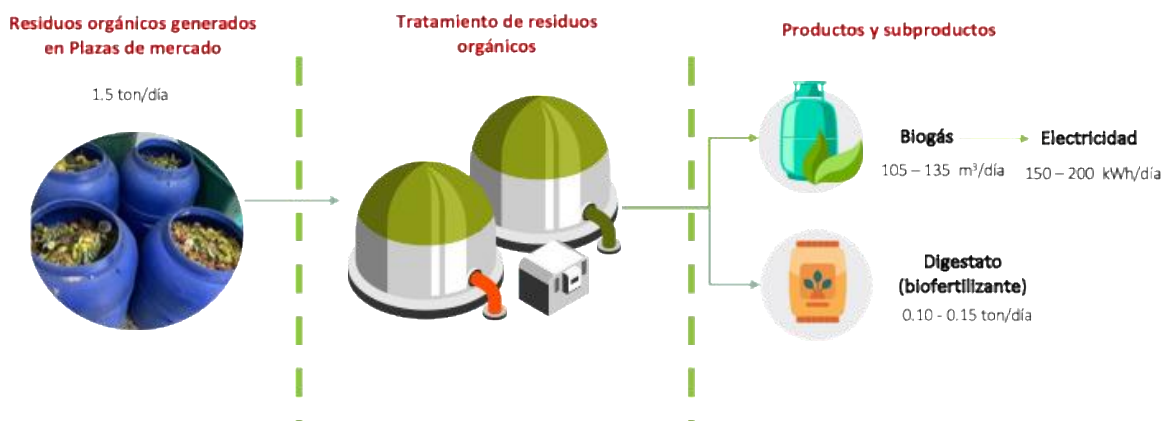
No obstante, su operación no estará limitada únicamente a los residuos generados en dicha plaza, sino que se contempla la vinculación de la fracción orgánica proveniente de plazas cercanas como **Fontibón, Las Ferias, Boyacá Real, 12 de octubre y 7 de agosto**. De esta manera, el proyecto no solo optimiza la capacidad instalada del sistema, sino que se constituye en un referente piloto para la transformación integral de residuos orgánicos.

Este documento tiene como objetivo la entrega de dos componentes principales: **el análisis de la estructura de costos** desarrollada en el concepto tecnológico elaborado para la PDM Quirigua, así como la actualización de los costos fijos y variables del sistema de tratamiento de residuos orgánicos; y el desarrollo e **incorporación de otros costos asociados** que no fueron contemplados en el concepto tecnológico inicial, tales como el transporte desde las plazas aledañas a la Plaza de mercado (PDM) Quirigua, los costos de operación y aquellos adicionales que han sido identificados durante el proceso.

2 Biodigestor 1,5 ton/día

Como se indicó en el documento *PT1 – Construir el modelo operativo y la estructura de costos fijos y variables para sistema de biodigestión en PDM Quirigua*, el tamaño del biodigestor definido corresponde a 1,5 ton/día. Esta capacidad se estableció teniendo en cuenta las generaciones de residuos que potencialmente pueden presentarse en las cinco (5) plazas de mercado (Plaza de Mercado Quirigua, Ferias, 12 de octubre, Fontibón y 7 de agosto), así como el área disponible en el predio correspondiente a **189 m²**. El balance de masas a este proyecto es el siguiente:

Ilustración 1. Proceso de biodigestión 1,5 ton/día - Plazas de mercado



De esta manera, y con el objetivo de realizar un análisis de costos más detallado, a continuación, se presentan los costos aproximados de inversión, obras civiles, costos fijos, entre otros.

2.1 Costos de inversión (CAPEX)

Los costos de inversión (CAPEX) correspondientes a la implementación del biodigestor con capacidad de 1,5 ton/día se estructuran a partir de los principales componentes que garantizan su adecuada instalación y puesta en operación. En este sentido, se consideran el costo de adquisición de la tecnología, las obras civiles requeridas y las actividades de montaje e instalación necesarias para la entrada en funcionamiento del sistema.

De esta manera, a continuación, se presenta el detallado de cada uno de estos costos aproximados, con el fin de proporcionar una base sólida para la estimación de las inversiones iniciales y su adecuada planificación dentro del marco del proyecto.

2.1.1 Costos de adquisición e instalación del biodigestor

A lo largo de la presente consultoría, se han obtenido cotizaciones para la compra, envío e instalación de un biodigestor con una capacidad de tratamiento de 1,5 toneladas diarias de residuos orgánicos. Estas han sido obtenidas a través de diferentes empresas expertas en el tratamiento de los residuos orgánicos ofreciendo soluciones de preingeniería específicas para el manejo del biogás. Estas empresas se encuentran establecidas en países como India, Alemania, Reino Unido.

Los costos de inversión asociados a la adquisición del biodigestor son los relacionados a continuación:

- **Costo de compra del biodigestor:** Costo relacionado a la adquisición del biodigestor antes de impuestos como el impuesto al valor agregado (IVA). Cada empresa cuenta con su modelo específico, así como el requerimiento de área necesaria. Para este proyecto en particular, el espacio o área requerida es de un rango de 150 a 180 m².
- **Costo de instalación y puesta en marcha:** Costos asociados al personal necesario para la instalación del biodigestor y puesta en marcha. Estos costos incluyen pasajes aéreos, viajes, transporte, alojamiento y manutención.
- **Gastos de envío:** El biodigestor es enviado vía marítima a través de contenedores.

La **Tabla 1** muestra los costos de inversión identificados por clientes ordenándolos del menor al mayor costo:

Tabla 1. Costos de inversión para la adquisición de un biodigestor

EMPRESA	COSTO TECNOLOGÍA (USD) ¹	PAÍS DE ORIGEN
CJB Energieanlage GmbH & Co KG	\$113.479	Alemania
Kankyo Bert Pvt. Ltd.	\$147.417	Alemania
GPS Renewables Pvt Ltd	\$184.050	India
Blue Planet Environmental Solutions	\$237.817	Vietnam, Malasia, India y el Reino Unido
QUBE Renewables Ltd	\$424.162	Reino Unido

Los costos mostrados anteriormente son cotizaciones obtenidas correspondientes al año 2022 los cuales fueron suministrados por GIZ y que sirvieron como insumo para el estudio denominado *Análisis de viabilidad técnico-económica para el tratamiento in situ de residuos orgánicos*. También se obtuvo una cotización adicional para la instalación de otro biodigestor de 1,5 toneladas a través de GPS Renewables correspondiente al año 2024. Los valores anteriores al 2024 son traídos con base al Índice del Precio al Consumidor (IPC).

En algunos casos, las cotizaciones fueron suministrados en valores de dólares (USD), libras esterlinas (GBP) o euros (EUR); y, por tanto, se emplearon fuentes oficiales como el Banco de Inglaterra, Banco Central Europeo y el Banco Mundial para obtener las tasas de cambio oficial y convertir los valores a una sola moneda (USD).

A continuación, los aspectos técnicos a considerar para el funcionamiento del biodigestor:

- Los biodigestores pueden operar del 30% al 100% de su capacidad de diseño lo cual dependerá de la calidad de la materia entrante.

¹ El tipo de cambio oficial empleado de dólares (USD) a pesos colombianos (COP) es de **4,074.43** correspondiente al año 2024. Estos datos han sido obtenidos a través de los indicadores del Banco Mundial.

- Se requiere una cantidad necesaria de estiércol o inoculante de otros biodigestores de aproximadamente 15 a 30 toneladas para la inoculación. Estos valores dependen de la proporción que se agregue y el tiempo de retención.²

Así mismo, la inversión realizada para la adquisición del biodigestor puede beneficiarse a través de la Ley 1715 de 2014 (en sus artículos del 11 al 14), la cual ha sido complementada por la Ley de Transición Energética 2099 de 2021 y reglamentada por el Decreto 829 de 2020. Estos incentivos fiscales o tributarios por los cuales se podría beneficiar este proyecto son:

- Deducción anual no superior al 50% sobre el impuesto de renta por inversiones ambientales.
- Exención del IVA a equipos importados para proyectos de energías renovables.
- Exención de aranceles a equipos importados para proyectos de energías renovables.
- Depreciación acelerada.

2.1.2 Costos de obra civil

Las obras civiles requeridas para la implementación y puesta en marcha del biodigestor demandan, en primera instancia, un diseño integral soportado en la realización de estudios técnicos previos. Dichos estudios comprenden las áreas eléctricas, estructural, geotécnica (suelos), hidrosanitaria y topográfica, los cuales son fundamentales para sustentar a futuro la viabilidad técnica del proyecto y asegurar que su ejecución se realice bajo parámetros de seguridad, funcionalidad y sostenibilidad.

Con base en las condiciones actuales del mercado, el costo estimado para el desarrollo de estos estudios previos se presenta a continuación:

Tabla 2. Costos aproximados estudios técnicos

DESCRIPCION	CONDICIONES ORIGINALES		
	Cantidad	Valor unitario (COP)	Valor total (COP)
Levantamiento topográfico	1	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00
Diseño de suelos	1	\$2.500.000,00	\$2.500.000,00
Diseño arquitectónico	1	\$7.000.000,00	\$7.000.000,00
Diseño estructural	1	\$7.000.000,00	\$7.000.000,00
Diseño Hidrosanitario	1	\$7.000.000,00	\$7.000.000,00
Diseño eléctrico incluye trámites ante codensa	1	\$18.000.000,00	\$18.000.000,00
Subtotal diseños			\$43.000.000,00
IVA (19%)			\$8.170.000,00
TOTAL (COP)			\$51.170.000,00

De igual forma, y en concordancia con lo señalado en el documento previo (PT1), se presentan a continuación los valores aproximados correspondientes a la obra civil (sin Iva incluido). Es importante precisar que dichos montos constituyen estimaciones preliminares para el inicio de las obras y deberán ajustarse conforme se avance en la etapa de diseño detallado y en la definición final de alcances:

² Adicionalmente, se requiere un costo adicional para obtener y transportar el estiércol o inoculante al biodigestor para su operación y puesta en marcha.

Tabla 3. Preliminares a la obra civil

PRELIMIARES				
Actividad	Medida	Cantidad	Valor unitario (COP)	Valor total (COP)
Señalización y aislamiento de áreas de trabajo, incluye cinta de seguridad, postes tubulares, conos guías, señales preventivas y reglamentarias	Metro Lineal (ML)/mes	200	\$38.000,00	\$7.600.000,00
Replanteo general	m ²	250	\$18.500,00	\$4.625.000,00
Retiro de sobrantes a botadero certificado	m ³	81	\$85.000,00	\$6.906.250,00
TOTAL (COP)				\$19.131.250,00

2.1.2.1 Demolición, excavaciones y estructura

El área destinada a la instalación del sistema de biodigestores corresponde a aproximadamente **189 m²**. Sobre esta superficie se deberá garantizar una estructura con capacidad para soportar un peso operativo estimado entre **35 a 45 toneladas**, valor que podrá variar de acuerdo con las condiciones finales de diseño, operación del sistema y resultados del estudio de suelos.

Las actividades comprenden la demolición de elementos existentes, las excavaciones necesarias para alcanzar las cotas de cimentación y la construcción de la estructura portante (cimentaciones, losas y muros de contención), con el fin de garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de la obra. Cabe resaltar que los valores consignados en la Tabla 4 corresponden a una estimación preliminar y, por lo tanto, deben considerarse únicamente como referencia aproximada.

Tabla 4. Demolición, excavaciones y estructura

DEMOLICION EXCAVACIONES Y ESTRUCTURA				
Actividad	Medida	Unidad	Valor unitario (COP)	Valor total (COP)
Demolición placa piso 0,15m, incluye retiro	ML	200	\$42.500,00	\$8.500.000,00
Demolición cajas de inspección, incluye retiro	UN	2	\$150.000,00	\$300.000,00
Excavación manual en material común H: hasta 2m (No incluye retiro)	m ³	100	\$74.321,00	\$7.432.100,00
Mejoramiento en rajón e=0,20mts	m ³	44	\$137.324,00	\$6.042.256,00
Recebo común compactado mecánicamente (vibrocompactador de 3 ton)	m ³	40	\$188.523,00	\$7.540.920,00
Placa en concreto 3500 psi fundido en sitio e= 0,15 mts	m ³	28	\$1.304.500,00	\$36.982.575,00
Acero 60,000	kg	3500	\$7.950,00	\$27.825.000,00
Estructura en hierro incluye anticorrosivo, esmalte, platinas, refuerzos, etc.	kg	2500	\$23.550,00	\$58.875.000,00
Cerramiento perimetral en malla eslabonada calibre 10 incluye anclajes tubo	m ²	82	\$185.000,00	\$15.170.000,00

DEMOLICION EXCAVACIONES Y ESTRUCTURA				
Actividad	Medida	Unidad	Valor unitario (COP)	Valor total (COP)
Puerta de acceso en malla eslabonada reforzada el tubo rectangular cal 16	UN	8	\$850.000,00	\$6.800.000,00
Teja lámina galvanizada calibre 26	m ²	120	\$60.961,00	\$7.315.320,00
TOTAL (COP)				\$182.783.171,00

2.1.2.2 Instalaciones hidrosanitarias

Para el funcionamiento del biodigestor es necesario contar con un suministro de agua potable (300 - 1000 litros/día) y de disponer de un sistema eficiente para la evacuación de aguas residuales. Para ello se hace una estimación preliminar de **80 metros lineales** de tubería para agua potable y **18 metros lineales** para agua residual.

Tabla 5. Instalaciones hidrosanitarias

INSTALACIONES HIDROSANITARIAS				
Actividad	Unidad	Cantidad	Valor unitario (COP)	Valor total (COP)
Red sanitaria de 8"	ML	18	\$185.652,00	\$3.341.736,00
Construcción caja de inspección de 1*1*1	UN	4	\$1.200.000,00	\$4.800.000,00
Red sanitaria de 6"	ML	12	\$125.011,00	\$1.500.132,00
Accesorios de 6"	UN	8	\$45.000,00	\$360.000,00
Red sanitaria de 4"	ML	12	\$69.929,00	\$839.148,00
Accesorios de 4"	UN	8	\$45.000,00	\$360.000,00
punto sanitario de 4"	UN	6	\$138.464,00	\$830.784,00
Acometida hidráulica en 1"	ML	25	\$850.000,00	\$21.250.000,00
Registro de 1"	UN	1	\$153.700,00	\$153.700,00
Cheque de 1"	UN	1	\$153.700,00	\$153.700,00
Red hidráulica de 3/4"	ML	105	\$16.218,00	\$1.702.890,00
registro hidráulico de 3/4"	UN	5	\$108.157,00	\$540.785,00
Punto hidráulico de 3/4"	UN	10	\$109.085,00	\$1.090.850,00
Tanque de 1000 incluye instalación	UN	1	\$950.000,00	\$950.000,00
Laves tipo manguera	UN	4	\$55.600,00	\$222.400,00
bajantes en 4"	ML	24	\$69.929,00	\$1.678.296,00
canal en lámina cal 22 ds=50	ML	21	\$72.500,00	\$1.522.500,00
TOTAL (COP)				\$41.296.921,00

2.1.2.3 Instalaciones eléctricas

Actualmente, la capacidad instalada del sistema eléctrico se encuentra al límite por la alta demanda, lo que impide realizar una conexión adicional. Se estima que el biodigestor requerirá entre **15 y 25 kVA (415 – 440 V)**, valor que dependerá de la tecnología y el proveedor seleccionado. En consecuencia, se requiere solicitar una visita técnica al operador de red y contratar un estudio eléctrico especializado que determine con precisión la carga necesaria y respalde técnicamente la gestión de la conexión. Por esta razón, los valores presentados en la **Tabla 6** corresponden a aproximaciones de algunas actividades y rangos estimados, los cuales estarán sujetos de modificación en un 100% al estudio técnico y al resultado emitido por el operador de red.

Tabla 6. Instalaciones eléctricas

INSTALACIONES ELECTRICAS				
Actividad	Medida	Unidad	Valor unitario (COP)	Valor total (COP)
Montaje subestación eléctrica en piso 30Kva	UN	1	\$150.000,00	\$150.000.000,00
Suministro e instalación de Tableros de Distribución General (TGD)	UN	1	\$7.500.000,00	\$7.500.000,00
Acometida eléctrica 20 ml	UN	1	\$3.800.000,00	\$3.800.000,00
Tablero parciales 12 circuitos	UN	1	\$780.000,00	\$780.000,00
Breaker	UN	5	\$45.000,00	\$225.000,00
Punto eléctrico	UN	20	\$150.000,00	\$3.000.000,00
TOTAL (COP)				\$165.305.000,00

2.2 Costos de consumo del proyecto (OPEX)

Los costos fijos del proyecto corresponden a aquellos egresos que se mantienen constantes en el tiempo, independientemente de la variabilidad en el nivel de operación del biodigestor. Estos se derivan tanto de los requerimientos técnicos del sistema como de las condiciones macroeconómicas y regulatorias vigentes, y constituyen la base financiera para garantizar la sostenibilidad operativa del proyecto.

De esta manera, de acuerdo con los parámetros técnicos asociados al funcionamiento del biodigestor de 1,5 ton/día, se identifican consumos diarios de electricidad, agua y el requerimiento de operarios para las labores de control, operación y mantenimiento del sistema.

Tabla 7. Parámetros asociados - Biodigestor 1.5 ton/día

Parámetro	Valor
Agua requerida	300 - 1000 litros/día ³
Energía requerida	35 - 60 kWh/día ⁴
Personal requerido	2 personas ⁵
Generación biogás	105 – 135 m ³ /día
Generación de electricidad	150 - 200 kWh/día
Generación Digestato	0.10 - 0.15 ton/día

Dentro de la estructura de costos del proyecto se ha considerado la vinculación del personal requerido, garantizando el cumplimiento de las obligaciones legales vigentes. Esto incluye la afiliación a los sistemas de salud, pensión y riesgos laborales, así como la provisión de dotación y demás prestaciones sociales establecidas por la normativa aplicable [Tabla 8](#). En cuanto a la operación del sistema, se contempla la contratación de un operador quien desarrollará las actividades de alimentación del biodigestor, así como el manejo y control de la tecnología implementada, asegurando la continuidad y eficiencia del proceso.

De manera complementaria, se prevé la participación de un operador técnico, cuya función principal será atender los requerimientos que surjan en caso de que el proceso o la

³ Depende de la tecnología y eficiencia de recirculación del agua.

⁴ Depende del tipo de tecnología y condiciones climáticas.

⁵ Operacional y técnico medio tiempo.

tecnología requieran modificaciones, ajustes, mantenimientos preventivos o correctivos, o revisiones especializadas.

Tabla 8. Costos de salarios de operador y técnico - mensual

Laboral	
Salario mínimo	\$ 1.423.500
No. de Operadores	1,0
Salario del operario (1.5 smmlv) por mes	\$ 2.135.250
No. de técnicos	0,5
Salario del técnico (2.5 smmlv) por mes	\$ 3.558.750
Total costo laboral por mes	\$ 6.592.191

PERFORMANCE	Operador	Técnico	Porcentaje
Salario mínimo	\$ 2.135.250	\$ 1.779.375	
Auxilio de transporte	\$ 200.000		
Salud	\$ 181.496	\$ 151.247	8,50%
Pension	\$ 256.230	\$ 213.525	12%
ARL	\$ 148.613	\$ 123.845	6,96%
Parafiscales	\$ 192.173	\$ 160.144	9%
Prima	\$ 177.866	\$ 148.222	8,33%
Cesantías	\$ 177.866	\$ 148.222	8,33%
Intereses de cesantías	\$ 21.353	\$ 17.794	1%
Vacaciones	\$ 89.040	\$ 74.200	4,17%
Dotación	\$ 106.763	\$ 88.969	5%
Costo aproximado mensual	\$ 3.686.650	\$ 2.905.541	

En este sentido, el operario vinculado a tiempo completo recibe una remuneración equivalente a 1,5 salarios mínimos legales mensuales vigentes, mientras que el técnico de apoyo, vinculado a medio tiempo, percibe un pago proporcional correspondiente a 2,5 salarios mínimos calculados sobre la dedicación parcial.

Así mismo se consideran los supuestos macroeconómicos definidos para el año 2025, los cuales inciden directamente en la proyección de costos. Entre ellos se incluyen:

Tabla 9. Variables económicas

Variable	Valor
IPC 2024	5.2%
Impuestos	35%
SMMLV (2025)	\$ 1.300.000 COP
USD a COP	\$ 4.197,3 COP ⁶

Adicionalmente, el modelo incorpora los costos asociados a los servicios públicos, contemplando tanto el consumo de electricidad como la venta de excedentes energéticos, así como la tarifa correspondiente al consumo de agua. Estos parámetros permiten proyectar de manera realista los gastos fijos y los ingresos complementarios derivados de la operación del biodigestor.

⁶ Comportamiento de la TRM de los últimos 6 meses

Tabla 10. Tarifas de consumos y ventas

Variable	Valor
Tarifa eléctrica – consumo (\$/kWh)	\$ 836,28 COP
Tarifa eléctrica – venta (\$/kWh) ⁷	\$ 680 COP/kWh
Aumento anual tarifa eléctrica	5% ⁸
Precio de venta del digestato (\$/ ton)	\$ 50.000 COP
Tarifa de agua (\$/m ³)	\$ 3636,3 COP
Aumento anual tarifa de agua	5% ⁶

Es importante señalar que los incrementos anuales del 5% aplicados tanto a la tarifa eléctrica como a la tarifa de agua se han establecido con base en el comportamiento registrado durante los últimos cuatro años, lo cual brinda un criterio de referencia consistente para la proyección de costos.

Considerando toda la información previamente mencionada, se establece un costo total operativo (OPEX) mensual para la operación del biodigestor de **\$7.917.519 COP**, valor que integra los consumos de electricidad y agua, los gastos asociados a la gestión técnica y operativa, así como los costos laborales con todas las obligaciones prestacionales de ley. Este monto corresponde a una estimación de referencia, la cual dependerá de la tecnología y del proveedor seleccionado, y estará sujeta a la confirmación mediante estudios técnicos especializados y a la actualización de las tarifas de los servicios públicos.

Tabla 11. Costos mensuales de operación

Mensual		
Parametro	Consumo promedio	Valor mensual (COP)
Agua	0,65m3/día	\$ 70.908
Energía	50 kWh/día	\$ 1.254.420
Personal	2 personas	\$ 6.592.191
Total (COP)		\$ 7.917.519

Finalmente, se considera que los gastos de mantenimiento anual para este proyecto se derivan entre el 3,0% - 5,0% de los gastos de inversión (CAPEX). Es importante considerar que durante los primeros tres años no se prevén costos significativos de mantenimiento, dado que los equipos son nuevos y cuentan con una garantía.

⁷ Para la tarifa de energía, se asume la tarifa comercial e industrial de la Tensión 1, dado que es el nivel de tensión en el que se encuentra más del 80% de los usuarios.

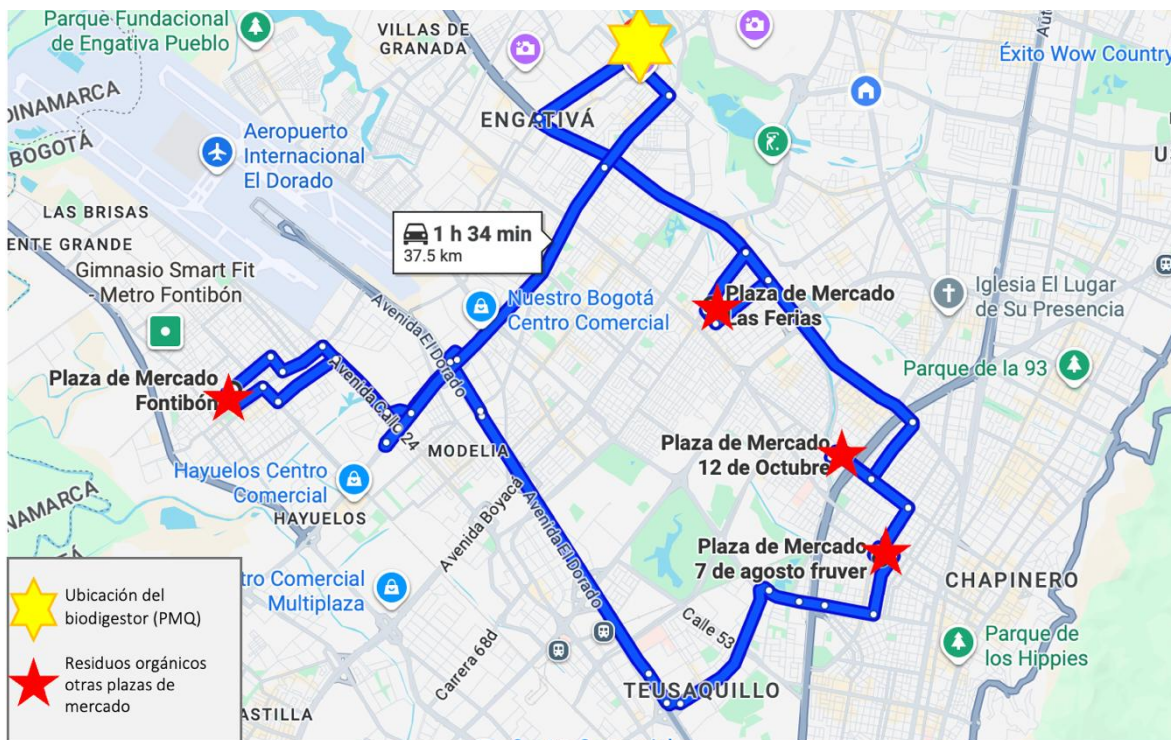
⁸ Promedio del porcentaje de incremento de la tarifa en un periodo de 5 años

3 Recolección y transporte de residuos orgánicos

Considerando que la recolección y el transporte de los residuos orgánicos constituye un aspecto clave para la operación del proyecto, se ha analizado este componente y se plantean dos posibles alternativas viables:

- **Escenario 1:** corresponde a disponer de un vehículo propio del proyecto, encargado de realizar la recolección diferenciada en las plazas de mercado, permitiendo un mayor control operativo y una mejor articulación con el esquema de separación en la fuente.
- **Escenario 2:** consiste en contratar a una empresa privada recolectora de residuos, la cual ejecutaría diariamente una ruta aproximada de 38 kilómetros, asumiendo la gestión del transporte de los residuos orgánicos desde las diferentes plazas hasta el sitio de operación del biodigestor.

Ilustración 2. Ruta de recolección de residuos orgánicos - Plazas de mercado



3.1 Escenario 1 - Costos de recolección y transporte propio

Dentro del análisis de escenarios para el transporte de los residuos orgánicos, se contempla la opción de que el administrador o dueño del proyecto asuma directamente la operación logística de recolección. Esta modalidad implica la adquisición de un camión, lo cual representaría una inversión inicial (CAPEX) destinada a la compra del vehículo y a su respectiva adecuación para el manejo diferenciado de residuos.

La implementación de esta alternativa conlleva además la incorporación de una serie de costos operativos mensuales (OPEX) asociados a la gestión del vehículo, entre los cuales se incluyen:

- **Personal:** contratación de un conductor principal y un operario auxiliar, ambos con el cumplimiento de todas las obligaciones prestacionales exigidas por la ley.
- **Combustible:** consumo de diésel requerido para cubrir la ruta diaria de aproximadamente 38 kilómetros, considerando las variaciones en la eficiencia del motor y en el precio del combustible.
- **Mantenimiento:** gastos periódicos de mantenimiento preventivo y correctivo del camión, necesarios para garantizar su disponibilidad y prolongar su vida útil.
- **Impuestos y documentación:** pago de impuestos vehiculares, seguros obligatorios (SOAT), revisión técnico-mecánica y demás requisitos legales para la circulación y operación del vehículo.

Este escenario ofrece como ventaja un mayor control operativo sobre la logística de recolección, la posibilidad de programar rutas flexibles y la integración directa con el sistema de separación en la fuente. No obstante, también demanda una mayor inversión inicial y una estructura de costos fijos adicionales que deben ser evaluados en términos de sostenibilidad financiera del proyecto.

3.2 Escenario 2 - Costo de recolección con empresa prestadora de servicio de recolección y transporte de residuos orgánicos

El segundo escenario del proyecto contempla contratar el servicio de recolección y transporte de los residuos orgánicos por una empresa privada de recolección. Esta empresa deberá encargarse de recolectar los residuos orgánicos que se encuentran en cada plaza de mercado diariamente y transportarlos hacia la PM de Quirigua donde estará ubicado el biodigestor.

Una tarifa de referencia para la gestión de estos residuos orgánicos es la que se maneja actualmente correspondiente a 206.000 COP por tonelada de residuos orgánicos la cual incluye las actividades de recolección, y transporte hacia la planta de compostaje denominada Ingeniería, Investigación y Ambiente IIA la cual se encuentra ubicada en Sibate – Cundinamarca. Este mismo modelo de contratación podría ser realizado a través de una empresa prestadora de servicios de recolección y transporte de residuos para el proyecto. Sin embargo, estos residuos serían llevados al biodigestor ubicado en la PM de Quirigua.

La siguiente **Tabla 12** muestra las ventajas y desventajas de ambos sistemas de recolección y transporte de residuos tanto para el sistema administrado directamente por el dueño o administrador del proyecto, como por la contratación del servicio a través de una empresa privada.

Tabla 12. Ventajas y desventajas frente al sistema de recolección y transporte propio o gestionado por contratación privada

Tipo de escenario	Beneficios	Desventajas
Escenario 1: Adquisición y manejo del sistema de recolección y transporte a través del administrador del proyecto.	• Mayor control e independencia sobre la gestión de los residuos orgánicos en las plazas de mercado.	• Costos altos de inversión y mantenimiento del vehículo. • Costos mensuales altos por gasto de personal u operario del vehículo. • Costos de consumo de combustibles para la operación diaria.
Escenario 2: Contratación del servicio de recolección y transporte a través de una empresa privada	• Menores costos de operación comparados con el sistema de administración propia. • Menor riesgo de que la operación de recolección y transporte no se lleva a cabo ya que puede repercutir en un incumplimiento contractual. • No existen costos de inversión ni mantenimiento.	• Menor independencia sobre la gestión de los residuos orgánicos. Esto puede repercutir en caso de que se presente imprevistos o picos altos de demanda que no permitan almacenar los residuos por más tiempo.

4 Conclusiones

- **Costos de adquisición e instalación del biodigestor:**

La siguiente tabla muestra el resumen de costos de adquisición e instalación para un biodigestor con una capacidad de 1,5 toneladas diarias:

El valor promedio del costo de adquisición e instalación del biodigestor tiene un valor promedio aproximado de **\$225.000 USD** los cuales variaran dependiendo de la tecnología y la empresa seleccionada.

Además, estos costos presentan los siguientes supuestos:

- Se requiere un mínimo de espacio o área desde un rango de 150 a 180 m².
 - Este costo incluye ítems relacionados a instalación, puesta en marcha y gastos de envío.
 - Independientemente de la tecnología, se recomienda que los biodigestores no operen en una capacidad inferior al 30% de su capacidad de diseño.
 - Estos costos de adquisición y compra del biodigestor pueden disminuir a través de los incentivos tributarios establecidos en la Ley 1715 de 2014 la cual fue complementada por la Ley 2099 de 2021.
 - Los precios pueden variar a factores económicos externos como situaciones inflacionarias; entre otros.
- **Costos de obra civil:** Los costos asociados a obra civil ascienden a un total de **\$253.084.421,0 COP**. Estos costos se desglosan de la siguiente manera:
 - Los costos asociados a estos estudios ascienden a un valor de **\$ 51.170.000,0 COP**.
 - Así mismo, los costos preliminares asociados a obras civiles ascienden a un valor de **\$19.131.250,0 COP**.
 - Los costos asociados para la elaboración de la estructura portante que soporta el peso operativo del biodigestor; el cual oscila en un rango de 35 a 45 toneladas, ascienden a **\$182.783.171,0 COP**.
 - **Instalaciones hidrosanitarias:** Los costos relacionados a la implementación del suministro de agua potable (300 – 1.000 litros/día) y la disposición de un sistema eficiente para la evacuación de aguas residuales asciende a **\$41.296.921,0 COP**.
 - **Instalaciones eléctricas:** Los costos en este rubro ascienden a los **\$165.305.000,0** los cuales incluyen actividades como montaje de subestación eléctrica en piso 30 KVA, acometida eléctricas, breaker y otros.
 - **Costos de consumo del proyecto:** Los costos variables operacionales están relacionados a los gastos de consumo requerido como consumo de agua, energía y gastos de personal. Los gastos operacionales (OPEX) mensuales ascienden a aproximadamente **\$7.917.519 COP**.

- **Recolección y transporte de residuos orgánicos:** Se recomienda adoptar el modelo de transporte descrito en el Escenario 2, dado que presenta menores costos de inversión, operación y mantenimiento, además de facilitar la gestión a través de esquemas de tercerización.