

# **ESTUDIOS Y DISEÑOS DE UNA PLANTA DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO Y MATERIAL MEDIANTE EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN**

## **1. Viabilización**

El proyecto fue viabilizado el 20 de junio de 2019 mediante Carta de Viabilización con radicado 2019EE0053489, por el Comité Técnico de Viabilización del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico en su sesión 23 del 19 de junio de 2019.

## **2. Necesidad que se pretende satisfacer**

La alta generación de residuos sólidos en los centros urbanos, con la fracción orgánica representando el mayor porcentaje, debe considerar una mayor atención sobre la gestión adecuada de estos, siendo uno de los mayores problemas ambientales urbanos en la actualidad.

La mayoría de las problemáticas asociadas a la operación y gestión de los residuos sólidos urbanos y los rellenos sanitarios como sitio de disposición final, tiene que ver con la cantidad de residuos que van a parar a estos lugares, que conlleva entre tanto a una disminución de su vida útil, lo que finalmente es reflejo de la carencia de estrategias de aprovechamiento y tratamiento, reúso y optimización en los procesos. Es claro que sitios para tal fin escasean, y que, además, el montaje y operación de estos es inductor de varios conflictos ambientales y sociales.

La fracción orgánica representa la mayor cantidad de los residuos sólidos urbanos, donde su manejo se ha centrado principalmente en la recolección, transporte y disposición final en los rellenos sanitarios, enterrándolos en suelos no productivos donde no logran reincorporarse al ciclo natural, y donde además, por sus procesos de descomposición generan gases y lixiviados con alta carga contaminante. Los desarrollos y avances en el manejo de estos residuos se han convertido en un tema de interés prioritario para los entes gubernamentales, no solo por las problemáticas ambientales, sociales y económicas que se pueden derivar a raíz de su mala gestión, sino también por su alto potencial de aprovechamiento tanto energético como material bajo diferentes tecnologías.

De acuerdo con el informe nacional de disposición final de residuos sólidos de 2017<sup>1</sup>, Antioquia reportó 3442 ton/día de residuos sólidos dispuestos en los diferentes rellenos sanitarios del Departamento. La ciudad de Medellín como principal centro urbano de la región y uno de los principales del país, aporta alrededor de 1800 ton/día de residuos; de esta cantidad, se estima que más del 50% corresponde a residuos sólidos orgánicos. Diferentes informes nacionales y regionales ratifican que la situación actual del Departamento de Antioquia en materia de manejo y disposición de los residuos es crítica

---

<sup>1</sup> Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos 2017. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2018). Tomado de: <https://www.superservicios.gov.co>

y requiere de intervención urgente con políticas que promuevan la reducción de residuos y el adecuado aprovechamiento de estos según su naturaleza.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el Gobierno Nacional viene trabajando en programas y proyectos que permiten enfrentar esta situación, donde se requiere fomentar la investigación e implementación del uso de nuevas tecnologías eficientes que combinen la producción de nuevas fuentes de energía a bajo costo y la conversión de los residuos sólidos orgánicos, generando referentes de nuevos modelos que no solo permitan el tratamiento de este tipo de residuos, sino también obtener una valorización energética y/o material. Esto ha contemplado a su vez, una mayor articulación y sinergia entre las entidades del sector a nivel nacional, regional y local, incentivando los procesos de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos que se generan en los entornos urbanos, de tal manera que estos no sean dispuestos en los rellenos sanitarios. Así mismo, la ciudad de Medellín, mediante el desarrollo del PGIRS municipal, actualizado en el año 2015, incluye dentro de sus programas el programa No. 7 “aprovechamiento”, el cual tiene 2 componentes: los proyectos y actividades asociadas con los RAR (Residuos Aprovechables Reciclables), estructurados para ser desarrollados fundamentalmente a través del Programa de Inclusión de Recicladores, y los de RAO (Residuos Aprovechables Orgánicos), cuyas especificidades están planteadas a través del Programa de Aprovechamiento.

En el Municipio de Medellín, en función de su estructura, desarrollo y ordenamiento territorial, se tienen experiencias y líneas base con escenarios diferenciados para la zona urbana y para la zona rural en los Corregimientos de San Antonio de Prado, San Cristóbal, AltaVista, Santa Elena y San Sebastián de Palmitas, donde se han logrado tener hasta la fecha experiencias valiosas en la recolección y valorización de residuos, no solos reciclables, sino también orgánicos a través de centros de compostaje y lombricultura.

Adicionalmente, de los 14 principios que enmarcan el PGIRS, 4 le apuntan directamente al aprovechamiento de residuos orgánicos, los cuales se listan a continuación:

- Reducción del impacto en la salud y en el ambiente por generación y mal manejo de los residuos.
- Reducción de gases efecto invernadero.
- Sostenibilidad de la gestión integral de residuos sólidos.
- Gestión diferenciada de los residuos por tipologías.

A partir de lo anterior, se evidencia que los acercamientos a los procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos que se presentan en la ciudad deben continuar su crecimiento y evolución, por lo que este proyecto le apuesta a la valorización de los residuos orgánicos mediante procesos de aprovechamiento tanto energético como material.

Son diferentes las tecnologías empleadas para el tratamiento de residuos orgánicos, como el compostaje manual, vermicultura, pilas anaerobias, compostaje con aireación forzada, compostaje con aireación convexa, pirólisis, gasificación y procesos bajo digestión anaerobia. Los procesos biológicos son considerados como los más económicos y eficientes en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, donde los sistemas de digestión anaerobia cada vez toman más fuerza en el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos, trayendo ventajas para la obtención de coproductos de alto valor agregado, como el biogás, una fuente alterna de energía e insumos como abonos, enmiendas y fertilizantes orgánico-minerales, convirtiéndose en una alternativa para la gestión sostenible de este tipo de residuos; así mismo, apunta a la Estrategia Colombiana de Desarrollo Baja en Carbono – ECDBC, donde existe un compromiso por parte del país en reducir a 2030 el 20% de las emisiones de gases efecto invernadero. Se debe tener en cuenta que la disposición de residuos sólidos urbanos aporta un 6% a la producción de GEI en Colombia. De acuerdo con datos reportados por el proyecto de gestión del biogás de los rellenos sanitarios Curva de Rodas y La Pradera<sup>2</sup>, en promedio, con el aprovechamiento de 50 ton/día de residuos sólidos orgánicos, se evita la emisión de 9000 ton/año de CO<sub>2</sub> equivalente.

Este proyecto, forma parte de las estrategias estipuladas desde el Gobierno Nacional, departamental y de los objetivos del PGIRS de la ciudad de Medellín, apuntando a aumentar las tasas de aprovechamiento de residuos mediante tecnologías alternativas. El proyecto se enfoca en llevar a cabo los estudios y diseños para la instalación de una planta de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos mediante la tecnología o tratamiento de digestión anaerobia, con el fin de convertirse en una alternativa para el aprovechamiento de estos, a la vez que se generan coproductos que logran ser introducidos nuevamente en el sistema productivo, tales como abonos orgánicos y energía. Se pretende inicialmente, el tratamiento de 50 ton/día de residuos orgánicos previamente separados en fuente, por lo que el trabajo se desarrollará con las plazas de mercado, y algunos usuarios del sector institucional, oficial y comercial.

### **3. Objeto**

Consultoría para los estudios y diseños de una planta de aprovechamiento energético y material mediante el tratamiento de residuos orgánicos en la ciudad de Medellín.

### **4. Alcance y actividades del proyecto**

Desarrollar los estudios y diseños para un sistema de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos bajo la tecnología de biodigestión anaerobia para el municipio de Medellín, con capacidad de procesar a partir de 50 Toneladas de residuos por día según los análisis técnicos, financieros, comerciales y tarifarios.

---

<sup>2</sup> Curva de Rodas and La Pradera Landfill Gas Management Project, Colombia. REPORT NR. 01 997 9105044356 (2008). Tomado de: <https://cdm.unfccc.int>

Para lograr el alcance del objeto se contemplan los siguientes componentes:

1. **ACTIVIDAD 1:** Identificación, evaluación, gestión y análisis para la selección de predios públicos para la implementación del sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos en la ciudad de Medellín.
2. **ACTIVIDAD 2:** Estudios del predio seleccionado y diseños para la implementación del sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en fase de prefactibilidad (incluye evaluación y definición por parte del consultor), con un periodo de diseño a 25 años.
3. **ACTIVIDAD 3:** Desarrollar el modelo jurídico, financiero y comercial del proyecto en el que se consideren entre otros los siguientes aspectos: ingresos por venta de materiales y coproductos, ingresos provenientes de la tarifa del servicio público de aseo, otros ingresos, costos de inversión, operación, mantenimiento y administración, de la fase de prefactibilidad.
4. **ACTIVIDAD 4:** Diseños técnicos en fase de factibilidad de la alternativa seleccionada para la planta de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos en Medellín, con un periodo de diseño a 25 años.

#### **4.1 ACTIVIDAD 1: Identificación, evaluación, gestión y análisis para la selección de predios**

Las actividades de este componente consisten en la identificación, evaluación, análisis y gestión de predios públicos del municipio de Medellín como posibles sitios para la implementación de un sistema de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos de conformidad con el alcance definido en la viabilidad del proyecto. Para ello, el contratista contará con información suministrada por las entidades competentes municipales sobre los predios, donde deberá recopilar, analizar la información y realizar investigaciones de campo con el fin de ampliar la información necesaria para el diagnóstico de los predios.

##### **4.1.1 Identificación de predios**

La entidad municipal competente entregará a la consultoría una lista de 10 predios susceptibles para la implementación de un sitio de aprovechamiento energético y material de residuos orgánicos de conformidad con el alcance del proyecto, así mismo, hará entrega de la información detallada con que se cuente para cada uno de los predios y que se considere de importancia, como la ubicación, planos topográficos, certificados de libertad y tradición, disponibilidad de servicios públicos, permisos de servidumbre, normatividad aplicable vigente y demás que se consideren necesarios e importantes para la ejecución del proyecto. La expedición de información que tenga que ser obtenida a través de terceros y que tenga algún valor económico en su expedición, deberá ser asumida por el contratista.

#### **4.1.2 Diagnóstico de predios**

Con la información suministrada por las autoridades Municipales competentes y demás datos conseguidos por el consultor sobre los predios susceptibles para la implementación de un sistema de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos, el contratista deberá realizar el diagnóstico de las condiciones y características de los predios, así mismo, se analizará y evaluará la viabilidad de cada uno de estos.

Para realizar el diagnóstico, el contratista deberá llevar a cabo y documentar visitas técnicas a cada uno de los predios, además se apoyará en información primaria y secundaria para determinar en los predios la aptitud del suelo, usos del suelo, condiciones morfológicas, área del predio, zonas de acceso, disponibilidad de servicios públicos, cercanía a predios vecinos, distancia con principales puntos de generación como plazas de mercado, Central Mayorista y Minorista, normatividad aplicable vigente y demás información relevante para la ejecución del proyecto.

El diagnóstico deberá consultar información secundaria relevante de estudios disponibles, Plan de Ordenamiento Territorial, Plan de Desarrollo Municipal, Plan de Manejo de Áreas Protegidas (en caso de que exista), Planes de Manejo Ambiental y demás información relevante y disponible en el Municipio y otras entidades.

Así mismo, el consultor deberá proponer 2 predios adicionales que, a consideración propia, presenten características de viabilidad para la ejecución del proyecto, considerando la información definida anteriormente.

El consultor deberá presentar la información documentada sobre el diagnóstico realizado, con las respectivas fuentes de información y donde incluya imágenes satelitales con la delimitación y ubicación de los predios.

#### **4.1.3 Evaluación de predios**

La evaluación de cada uno de los predios identificados por la autoridad Municipal competente y propuestos por el consultor deberá realizarse mediante matriz multicriterio, donde el contratista deberá incluir como mínimo la evaluación y ponderación de los siguientes aspectos: aptitud del suelo, usos del suelo, distancias a puntos de generación de residuos sólidos orgánicos identificados previamente, condiciones morfológicas, área del predio, zonas de acceso, disponibilidad de servicios públicos, cercanía a predios vecinos, ubicación, permisos, afectaciones, normatividad aplicable vigente y demás información que se considere relevante. El consultor presentará en documentos físicos y digitales la evaluación para cada uno de los predios preseleccionados.

#### **4.1.4 Selección del predio**

Teniendo como base la evaluación multicriterio, el consultor con acompañamiento de las autoridades Municipales competentes, determinará el predio con la mejor puntuación y viabilidad para la implementación del sistema de aprovechamiento energético y material

de residuos sólidos orgánicos. El consultor deberá presentar las correspondientes razones y justificaciones de la decisión tomada, contando con el aval de las autoridades Municipales competentes. Esta información deberá ser presentada mediante documentación física y digital con el detalle del sitio seleccionado y con los respectivos soportes que avalen la decisión.

En caso tal de que se requiera la compra de áreas, el contratista deberá realizar una evaluación de los derechos de propiedad de dichas áreas y establecer la necesidad de la compra y definir su costo. Se deberá elaborar un estudio de títulos y avalúos para la adquisición de predios y/o servidumbres que se requieran, elaborando una ficha predial por cada uno de ellos donde se identifique: Propietario, estado de titularidad, certificados de libertad y tradición, valor del área requerida en caso de requerirse compra o servidumbre, análisis de posibilidad de compra o adquisición de servidumbres; esta información deberá reflejarse en un informe y planos específicos.

## **4.2. ACTIVIDAD 2: ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS.**

El alcance de los estudios y diseños a nivel de prefactibilidad para esta actividad, no es otro que el lograr modelar desde el punto de vista técnico diferentes escalas (mínimo tres) para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos a partir de 50 toneladas/día en el predio que se escogió en la actividad No.1, con el fin de poder determinar el punto de equilibrio que se requeriría para lograr el correspondiente cierre financiero del proyecto.

Después de contar con el predio seleccionado y avalado por el contratante, el contratista deberá elaborar como mínimo los estudios básicos que se relacionan a continuación:

### **4.2.1 Estudios básicos sobre el predio seleccionado**

Se plantearán los estudios básicos y diseños a nivel de prefactibilidad del predio seleccionado donde se incluya como mínimo el levantamiento topográfico del predio, estudio de suelos y diseños geotécnicos y estructurales y demás estudios complementarios y requeridos para el desarrollo del proyecto y que logren complementar el diagnóstico realizado previamente.

#### **4.2.1.1 Topografía**

Se deberá realizar un levantamiento topográfico del predio seleccionado, incluyendo escala 1:500 o mayor y curvas de nivel cada 50 cm (0.5 m), se deberán establecer amarres con BMs existentes y validados con el sistema de referencia MAGNA SIRGAS adoptado en Colombia. En caso de considerarse necesario se implementarán mojones en el sitio con coordenadas y cota real que permitan la ubicación y guía. Las carteras topográficas y demás elementos estarán a disposición de la interventoría del contrato para su verificación. La información será suministrada a la interventoría y a la contratante

de la información topográfica básica bajo un programa de diseño asistido por computadora que se defina previamente con la interventoría, de conformidad con el software que sea compatible con los utilizados por el operador del servicio público o el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la contratante. Así mismo, los planos y las cartas topográficas deberán presentarse en medio físico debidamente firmados.

El levantamiento topográfico deberá incluir las infraestructuras existentes, cunetas, sumideros, obras hidráulicas, portes de energía, postes de iluminación, postes de telecomunicación, cajas eléctricas, cajas hidráulicas, cajas de telecomunicaciones, cerramientos, árboles y vegetación importante, vías, andenes, pasos peatonales, ingresos, salidas, y demás elementos que se consideren necesarios en su identificación; esta información deberá ser avalada por el interventor del contrato.

El contratista deberá garantizar la precisión de los equipos utilizados en la medición, mediante los respectivos certificados de calibración vigentes y expedidos por organismos de certificación debidamente autorizados, sin poder iniciar actividades de medición sin previa autorización y aprobación de la interventoría. Así mismo, el contratista indicará los aspectos más relevantes, donde se incluya la clase de instrumentos utilizados, grado de precisión, sistema empleado, chequeos, errores lineales, angulares y de nivelación.

El levantamiento topográfico deberá estar amarrado al sistema de georreferenciación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC en altimetría y planimetría que rige en Colombia para el municipio de Medellín.

El informe de topografía deberá contar con los siguientes contenidos mínimos:

- Puntos de referencia
- Equipos de topografía empleados
- Copia de los certificados de calibración de los equipos
- Certificado de vigencia de la tarjeta profesional del topógrafo
- Puntos de amarre IGAC empleados durante el levantamiento y metodología para hacer el levantamiento
- Memoria de cálculo y ajuste de las poligonales
- Reportes de las poligonales
- Alcance de las nivelaciones
- Chequeos exigidos a la nivelación y contra nivelación
- Formatos de verificación de estación vs nivel
- Memoria de cálculo de las coordenadas
- Datos crudos de la estación total
- Cálculo de las coordenadas del levantamiento
- Carteras de campo
- Registro fotográfico
- Planos topográficos, con topografía a escala 1:500 o mayor
- Curvas de nivel cada 50 cm (0.5 m)

#### **4.2.1.2 Estudios de suelos y diseños de geotecnia a nivel de prefactibilidad**

Se deberá determinar las condiciones geológicas y geomorfológicas del predio seleccionado. Se deberá llevar a cabo un programa de investigación del subsuelo en los puntos donde se prevé la construcción de obras, donde se realizarán los sondeos y apiques que se consideren convenientes para obtener la información requerida que permita determinar la capacidad portante y demás propiedades mecánicas del terreno. Mediante esta información, se deberá adelantar además en caso de ser necesario la investigación de las condiciones geológicas y geotécnicas. Se deberán determinar los parámetros que harán parte de los criterios de diseño como la posición del nivel freático y otros básicos que permitan establecer las condiciones de excavación de zanjas, estabilidad de taludes, determinación de cargas admisibles, cargas actuantes, tipo de entibado y recomendaciones para las cimentaciones que garantice la estabilidad de las obras en general; además de otros aspectos que sean básicos para la ubicación de las obras.

La programación, planteamiento y tipos de investigaciones requeridas, así como la programación de los ensayos en caso de que se requieran, serán establecidos por el consultor para la aprobación por parte de la interventoría. Los sondeos, apiques, perforaciones, trincheras y demás, serán localizados en planos.

En el área de estudio, se realizarán apiques, que deberán ser definidos por el profesional responsable según las características del terreno y las necesidades identificadas a esta etapa y aprobados por la interventoría, previo a su ejecución. Adicionalmente, se realizarán análisis de humedad relativa, peso unitario en el terreno, granulometría de suelos, límites de Atterberg líquido y plástico, compresión inconfiada y apiques. Para conocer los parámetros geomecánicos del suelo, se deberán obtener de los resultados de laboratorio, conforme a lo establecido en la NSR-10.

Todos los estudios y ensayos de suelos y/o geotécnicos que se realicen deberán contar con el concepto de un especialista en el área, donde se incluya además conclusiones y recomendaciones.

#### **4.2.1.3 Estudio y diseño estructural a nivel de prefactibilidad**

Se deberá evaluar el estado estructural de los elementos o infraestructura que exista en el predio seleccionado en caso tal de que el contratista los considere necesarios para el estudio de las alternativas a proponer. Para tal caso, se deberá efectuar un análisis de vulnerabilidad sísmica y estructural y demás necesarios donde se tengan dudas sobre la funcionalidad, seguridad o durabilidad de los elementos.

El estudio a realizar deberá incluir el diagnóstico correspondiente donde se mencionan las recomendaciones y/o las causas de intervención, recuperación o demolición de dichos elementos.

Los estudios a realizar deben incluir todos los parámetros y cumplir con lo establecido en la NSR-10, o la norma vigente a la entrega de los productos de diseño.

Para las estructuras que se requieran en el proyecto se debe realizar el cálculo por parte del especialista en análisis estructural de la Consultoría, considerando las fuerzas horizontales y verticales, así como las demás fuerzas actuantes sobre las estructuras por efecto de cargas sísmicas, vientos y demás combinaciones de carga exigidas por la normatividad vigente. Asimismo, la resistencia de los diversos materiales que conforman la estructura y/o sus diversos componentes en materiales no convencionales, demostrando que frente a las diversas hipótesis de carga la estructura propuesta es estable y presenta factor de seguridad razonable por fallas en resistencia de material, volcamiento y estabilidad general de la estructura, deformación de los materiales y fluencia plástica de los mismos, fragilidad de los materiales, asentamientos diferenciales, etc. El CONTRATISTA DE CONSULTORÍA deberá definir además los requerimientos de la prueba de carga y predimensionar la cimentación.

#### **4.2.2 Estudios básicos para el sistema de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos**

##### **4.2.2.1 Identificación de generadores potenciales**

El contratista con acompañamiento de las autoridades Municipales competentes, autoridad ambiental, Empresa Prestadora de Servicios públicos y demás entidades o instituciones que tengan competencia en el tema, realizará la identificación de los potenciales generadores de residuos sólidos orgánicos en la ciudad, teniendo en cuenta el alcance planteado en los presentes términos de referencia.

Para la identificación de los generadores potenciales de residuos sólidos orgánicos, el contratista deberá contar además con la revisión de información secundaria documentada en los Planes de Gestión de Residuos Sólidos del Municipio, informes sobre generación y gestión de residuos sólidos orgánicos, investigaciones, y demás que brinden la información necesaria para tal identificación.

En la información recolectada en el proceso de identificación se deberá incluir el nombre o razón social del establecimiento, entidad, institución (o datos que correspondan), dirección, ubicación, persona o entidad encargada de su administración, y demás información que el contratista considere necesaria para la correcta caracterización de los potenciales puntos generadores de residuos orgánicos.

La ubicación de los sitios identificados deberá incluirse en un mapa digital, utilizando software de Sistema de Información Geográfica y amarrado al sistema MAGNA SIRGAS de georreferenciación del Instituto Geográfico Agustín Codazo – IGAC que rige en Colombia.

La información será suministrada bajo software asistido por computadora definido previamente con la interventoría, de conformidad con el software que sea compatible con

los utilizados por el operador del servicio público o el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la contratante.

#### **4.2.2.2 Diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos orgánicos**

El contratista, por su cuenta y riesgo, deberá recolectar y consultar la información existente sobre la generación, gestión y manejo de los residuos sólidos orgánicos en los sitios previamente identificados y aquella que sea necesaria para el cumplimiento de los objetivos. Para tal caso se apoyará además de las visitas presenciales, en la revisión de información secundaria contenida en los Planes de Manejo de Residuos Sólidos de la ciudad, Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos de los establecimientos identificados, información documentada en investigaciones, organizaciones no gubernamentales que trabajen, hagan intervención o presencia en los sitios, así como la información adicional disponible en otras entidades del orden local, departamental, regional y/o nacional, con el fin de que sean utilizadas como referencia para la elaboración de los estudios y diseños necesarios para el aprovechamiento energético y material de los residuos sólidos orgánicos.

La existencia de información relacionada con estudios anteriores o de conceptos técnicos no podrá relevar al consultor de su responsabilidad de investigar, analizar, verificar o realizar los estudios y diseños que sean pertinentes y se requieran para el aprovechamiento energético y material de los residuos sólidos orgánicos generados en estos sitios.

El diagnóstico de la gestión y/o manejo de los residuos sólidos orgánicos en los puntos identificados como generadores potenciales deberá contar como mínimo con información relacionada con la cantidad de residuos orgánicos generados diariamente, considerando fluctuaciones, picos máximos y mínimos del material orgánico generado, tipo, estado y características de los residuos orgánicos, procesos de separación en la fuente, gestión y manejo al interior del establecimiento, lugar de almacenamiento temporal, características del lugar de almacenamiento, descripción del proceso de aprovechamiento interno en caso tal de que se realice, gestor encargado de la recolección, días en que se realiza la recolección, destino al que son transportados los residuos orgánicos, y demás información que el contratista considere relevante en cuanto a la gestión de los residuos orgánicos en los establecimientos identificados.

Una vez se haya recopilado la información en su totalidad, se deberá clasificar, organizar y hacer un resumen de tal manera que se pueda consultar de la forma más ágil y eficiente, presentada de manera discriminada para los sitios identificados, de tal manera que se puede apreciar la gestión y manejo de los residuos orgánicos, condiciones, fortalezas y debilidades en cada uno de estos.

##### **4.2.2.2.1 Caracterización y aforo de los residuos sólidos orgánicos**

Se deberán realizar estudios de caracterización en la fuente y aforo de los residuos orgánicos en los puntos identificados como potenciales generadores para la inclusión en

el proyecto, el contratista además, deberá investigar y documentar la información relacionada con que se cuente en los Planes de Manejo de Residuos Sólidos de la ciudad, Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos de los establecimientos identificados, información documentada en investigaciones, organizaciones no gubernamentales que trabajen, hagan intervención o presencia en los sitios, así como la información adicional disponible en otras entidades del orden local, departamental, regional y/o nacional. La existencia de esta información no exime al contratista de realizar sus propios estudios, documentar el proceso y plantear las respectivas conclusiones, recomendaciones, y demás acciones que considere relevantes frente a la caracterización y aforo de los residuos orgánicos.

Por lo tanto, se deberá validar en el campo, la información que pueda existir contenida en fuentes secundarias y de esta manera poder definir la metodología, tecnología y equipos a utilizar para la caracterización y aforo en cada uno de los sitios identificados, todo con la debida justificación que deberá estar respaldada en el análisis de la información.

Se deberá presentar la información relacionada con la cantidad de residuos orgánicos generados, tipo y características, fluctuaciones de generación, proyecciones de generación, metodología empleada, fuentes de información, además de otros aspectos básicos que permitan brindar información clara y precisa sobre la cantidad y tipo de residuos sólidos generados en cada punto identificado.

#### **4.2.2.2 Potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**

El contratista deberá determinar mediante los métodos que considere necesarios, el potencial de aprovechamiento energético y material de los residuos sólidos orgánicos objeto de aprovechamiento con el fin de dimensionar el sistema, para esto, deberá presentar los modelos, diseños estadísticos y/o experimentales, protocolos y validación de las técnicas utilizadas para tal fin. Lo anterior, a partir de 50 toneladas/día y modelando mínimo tres (3) escalas o cantidades estimadas que permitan un cierre financiero y sostenibilidad del sistema, durante toda la vida útil del proyecto que se contempla en 25 años.

#### **4.2.3 Diseño conceptual del sistema de aprovechamiento**

Con base en la información obtenida del diagnóstico, caracterización, aforo y potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de los puntos identificados, el contratista presentará un diseño conceptual del sistema para el aprovechamiento de estos residuos a partir de 50 toneladas/día y modelando mínimo tres (3) escalas o cantidades estimadas que permitan un cierre financiero y sostenibilidad del sistema durante toda la vida útil del proyecto que se contempla en 25 años.

El diseño deberá contener un análisis y justificación del modelo, análisis y justificación de cada uno de los componentes del modelo, indicando su funcionalidad, las fases, procesos biológicos, químicos, térmicos, entre otros que se den lugar en el sistema, requerimientos técnicos, tecnológicos, de infraestructura, de personal, logísticos, y demás que se

consideren necesarios en la explicación y justificación del modelo seleccionado. El contratista deberá presentar de manera escrita y mediante modelación, la operación del sistema, contemplando además el tiempo de retención. Se realizará un mapa de procesos con los respectivos diagramas de flujo.

Además, se deberá presentar un estudio detallado sobre balances de materia y energía, considerando eficiencias del sistema en términos bioquímicos y/o energéticos, obtención de coproductos y potencial aprovechamiento de estos con base en el alcance definido para este estudio.

Teniendo en cuenta la ubicación del predio seleccionado y la ubicación de los puntos de los potenciales generadores de residuos sólidos orgánicos, se definirá la logística de recolección de los residuos orgánicos, tipo de vehículos y capacidad, rutas y transporte de estos hasta el predio. Esta información deberá ser entregada de manera digital y física, haciendo el uso de software especializados en el caso que se requiera, y que sea compatible con los utilizados por el operador del servicio público o el Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio o la contratante.

El modelo conceptual deberá estar basado en el siguiente esquema:

Constará de cuatro fases: la primera (pretratamiento) consiste en la molienda de los residuos para disminuir el tamaño de partícula y así facilitar la fase siguiente.

En la segunda fase se lleva a cabo la hidrólisis y la acidogénesis dentro del reactor de hidrólisis (RH), a partir de la cual, se genera como principal producto un percolado, el cual se lleva por bombeo a los reactores metanogénicos. Los residuos sólidos que quedan en la fase sólida serán humedecidos con el efluente final recirculado para obtener la mayor cantidad de nutrientes en el percolado a bombear. Los sólidos remanentes se retiran y se llevan a compostaje para su estabilización final. El percolado pasa a una tercera fase en un reactor anaerobio de lecho de lodos (LL) seguido de un filtro anaerobio (FA).

En la tercera fase se da la mayor producción de biogás el cual se almacena en un colector de gas para su posterior uso.

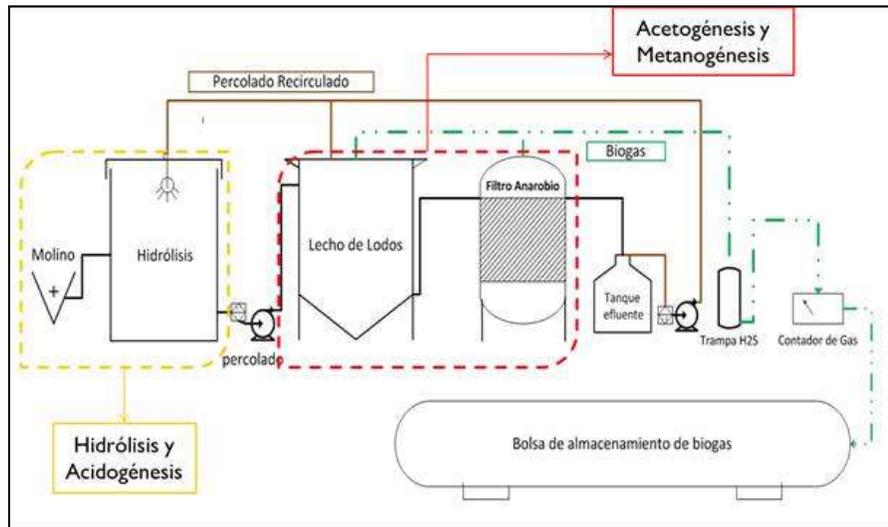
En la cuarta fase se toman los lodos y efluentes líquidos estabilizados de la tercera fase, que sirven como materia prima en la formulación de abonos orgánico-minerales para su aplicación en cultivos de la zona.

El sistema cuenta con ocho zonas:

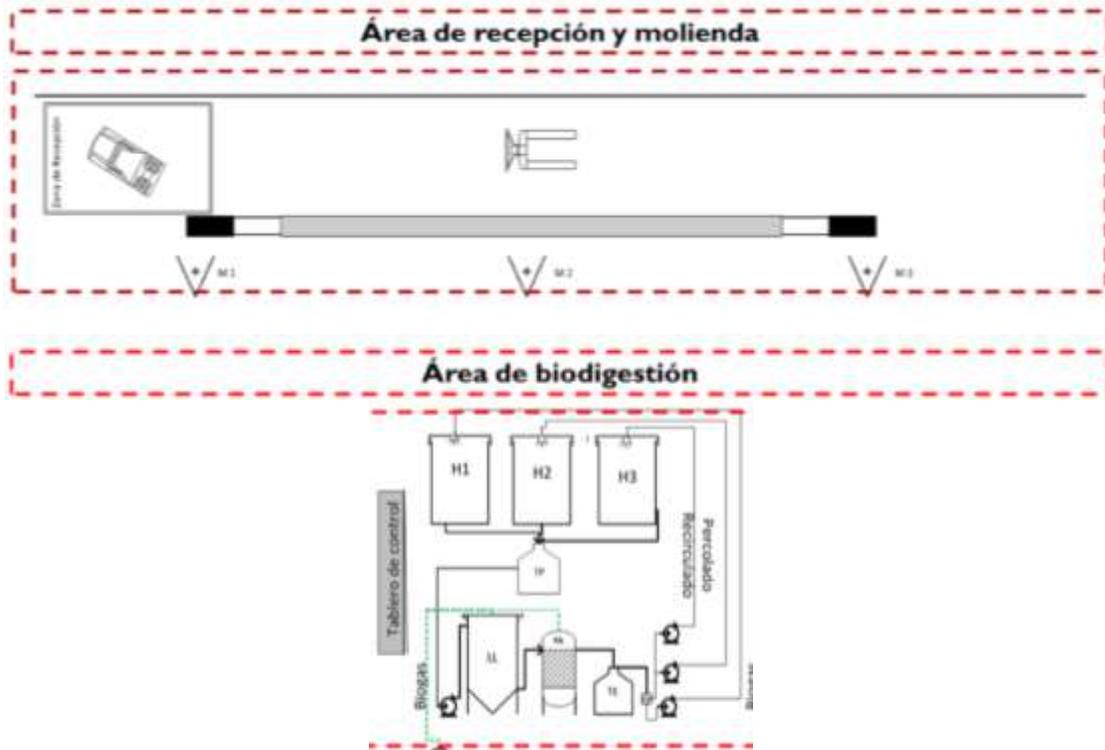
1. Zona de recepción y picado.
2. Zona de hidrolisis.
3. Zona de metanogénesis.
4. Zona almacenamiento de efluente.
5. Zona de almacenamiento y aprovechamiento del biogás.
6. Zona de estabilización de material sólido.

7. Zona de empaque de abonos orgánicos.

En el esquema 1, se muestra el proceso sin considerar las zonas de estabilización del material sólido ni empaque de abonos orgánicos; por su parte, en el esquema 2 se muestra el proceso general de sistema de aprovechamiento energético y material.



Esquema 1. Modelo del proceso de biodigestión anaerobia





Esquema 2. Modelo general de todo el proceso de aprovechamiento energético y material de residuos orgánicos

#### 4.2.4 Presentación y análisis de alternativas

Teniendo como base el diagnóstico y estudio detallado del predio seleccionado, diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos orgánicos, características de los residuos y cantidad (a partir de 50 toneladas/día y modelando mínimo tres (3) escalas o cantidades estimadas que permitan un cierre financiero y sostenibilidad del sistema durante toda la vida útil del proyecto que se contempla en 25 años), así como los demás estudios realizados, el contratista deberá identificar, plantear y predimensionar como mínimo tres alternativas para establecer la mejor respecto a la planta, tratamiento o tecnología para la conversión a energía de dichos residuos tratados bajo el modelo conceptual de digestión anaerobia que den solución para la ejecución de acciones de conformidad con el alcance definido en la viabilidad del proyecto. Así, el contratista deberá plantear, predimensionar, evaluar, seleccionar y recomendar a la contratante, al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, al Municipio de Medellín y al prestador de los servicios, la solución más conveniente desde los puntos de vista técnico, económico, operativo, financiero, social, ambiental e institucional. Las alternativas que se propongan deberán propender por garantizar una adecuada operación, incorporando los análisis y conceptos técnicos de los especialistas.

Se debe considerar desde el punto de vista económico, el costo de las inversiones durante la vida útil del proyecto (25 años), y los costos recurrentes de operación, mantenimiento y administración llevados a valor presente neto para cada una de las alternativas, con el objeto de tomar la decisión más favorable que genere la mejor sostenibilidad del servicio, teniendo en cuenta que los costos operativos se trasladan a los usuarios vía tarifas.

Para cada alternativa técnica presentada se deberán incluir los costos aproximados de inversión, tanto inicial como periódica, así como los costos de operación, mantenimiento y eventual reposición.

Dentro de las alternativas tecnológicas a considerar, se debe tener en cuenta la solución de mínimo costo que cumpla con los parámetros de calidad exigidos por la normatividad vigente, tanto en inversión inicial como en costos de operación. Cada una de las alternativas factibles propuestas por el contratista deberá contar con un análisis financiero que refleje y optimice la estimación de costos de inversión, administración y mantenimiento. Así mismo, cada alternativa debe incluir el análisis y las conclusiones acerca de la factibilidad individual de cada propuesta, análisis comparativo de las propuestas, conclusiones y recomendaciones.

El contratista deberá señalar los requerimientos mínimos para el adecuado funcionamiento de la totalidad de los componentes del sistema de aprovechamiento energético y material de residuos orgánicos, de conformidad con las diferentes alternativas, incluyendo las recomendaciones en cuanto a necesidades de insumos químicos, biológicos, elementos de laboratorio, recursos humanos y materiales para su adecuada administración.

Deberá incluirse las actividades de la gestión predial (en caso de aplicar), definiendo necesidades de obtención de posibles predios o verificar posibles afectaciones a la propiedad, donde se presentarán los análisis relacionados con la titularidad del predio.

Para efectos de la selección de alternativas, el contratista deberá presentar y determinar los parámetros de diseño, de conformidad con los estudios técnicos realizados en sus componentes geotécnicos, estructurales, topográficos, etc., requeridos para las obras en sus diferentes alternativas propuestas.

En todo caso el contratista podrá sugerir alternativas que según los estudios y análisis realizados sean óptimos para asegurar la ejecución del alcance del proyecto y presentar para aprobación por parte de la interventoría, un informe de las alternativas propuestas para el proyecto.

El contratista deberá describir la metodología de análisis utilizada para evaluar cada una de las alternativas propuestas y para la priorización de la alternativa seleccionada. Una vez aprobada por la interventoría, se procederá a su socialización ante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, al Municipio de Medellín y demás entidades competentes, con el fin de llevar la alternativa seleccionada a diseños a nivel de factibilidad.

#### **4.2.5 Selección de la alternativa técnica más viable**

La selección de alternativas se hará teniendo en cuenta aquella que, solucionando el alcance planteado en el horizonte del proyecto, corresponda a la de menor costo con el criterio del menor valor presente de todos los costos de inversión y operación

considerados, presente la eficiencia que se requiere y obedezca a la disponibilidad de recursos para financiar las obras.

Para la alternativa seleccionada el consultor deberá determinar la primera de las etapas o la única, si es el caso, en las que los componentes del sistema deben construirse, de tal manera que se minimicen los costos económicos del proyecto, atendiendo simultáneamente a las consideraciones de tipo financiero, técnico e institucional.

Con base en la alternativa seleccionada se formularán las recomendaciones pertinentes y se propondrá el plan general de obras y de inversiones para el sistema durante el horizonte de planeación asumido que corresponde a 25 años.

Para la selección de la alternativa, se debe contar con la participación del grupo de profesionales contratados por la consultoría, pues esta selección será la alternativa definitiva a desarrollar para los diseños detallados de ingeniería.

### **4.3 Actividad 3: Análisis, elaboración y evaluación del modelo financiero, tarifario, jurídico y comercial**

Una vez se seleccione la alternativa técnica, el contratista deberá presentar un análisis detallado donde incluya los componentes financieros y tarifarios descritos en el numeral (Ingresos por venta de materiales y coproductos, ingresos provenientes de la tarifa del servicio público de aseo, energía, otros ingresos que se identifiquen, costos de inversión, operación, mantenimiento y administración), para el proyecto de aprovechamiento energético y material de los residuos sólidos orgánicos de acuerdo con el alcance definido en el presente documento. Tendrá como base la normatividad tarifaria vigente aplicable al servicio público de aseo.

En el análisis financiero se deberán contemplar los parámetros regulatorios de los servicios públicos de aseo y de energía.

El contratista elaborará un análisis de mercado. Se identificarán los escenarios comerciales para cada uno de los coproductos susceptibles de aprovechamiento, tales como biogás y abonos orgánicos; en este deberá incluir los posibles clientes y/o entidades de comercialización, viabilidad legal, protocolos de comercialización, logística, permisos y/o licencias requeridas, análisis de riesgos y oportunidades para cada escenario, normograma de cumplimiento y estándares de calidad, entre las demás que sean necesarias por parte de las autoridades sanitarias y comerciales.

Como parte de este análisis, deberá presentar por cada uno de los coproductos obtenidos del sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos, las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de su inclusión al componente tarifario, así como un análisis de alternativas donde se planteen la mayor cantidad de soluciones posibles y que sean aplicables a la normatividad vigente, para su inclusión dentro del componente de aseo.

El contratista deberá hacer evaluación mediante matriz de análisis multicriterio considerando el cierre económico y comercial del proyecto, teniendo en cuenta cada una de las variables antes mencionadas. Se deberá incluir el análisis mediante indicadores financieros para la vida útil del proyecto, como liquidez, retorno de la inversión, costo/beneficio y los que le sean aplicables.

Se realizará un análisis y estructuración jurídica del proyecto y la viabilidad y oportunidades presentes.

El contratista deberá presentar todos los análisis con sus respectivas memorias de cálculo, conclusiones y recomendaciones, así como referenciar las fuentes bibliográficas utilizadas para realizar dichos análisis.

#### **4.4 Actividad 4: Diseños a nivel de factibilidad de la alternativa seleccionada para la planta de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos**

En el desarrollo de este producto, el contratista deberá realizar los estudios y diseños a nivel de factibilidad y en detalle correspondiente a la alternativa de solución desarrollada y aprobada por la interventoría. Se realizará una memoria descriptiva la cual contendrá una síntesis de los principales aspectos considerados durante el desarrollo de los estudios y diseños a nivel de factibilidad, así como los resultados obtenidos para cada uno de los componentes objeto de diseño. El contratista deberá tener en cuenta la participación conjunta con la interventoría, con el fin de acordar aspectos relacionados con la forma de presentación de los cálculos del proyecto.

La totalidad de los documentos deberá ser presentado sin protecciones o claves de seguridad, memorias descriptivas, memorias de cálculos, planos de forma impresa de la infraestructura existente y proyectadas (conforme con la alternativa seleccionada) en medios magnéticos nativos y/o audiovisuales, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos real, el análisis económico, los objetivos de desarrollo y operativos, la definición clara de sus componentes físicos e institucionales, sus costos, la forma como se enfrentará su ejecución y los posibles problemas de tipo constructivo, legal, administrativo e institucional.

##### **4.4.1 Diseños a nivel de factibilidad del sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos**

El contratista deberá diseñar a nivel de factibilidad el sistema de aprovechamiento energético y material, considerando la alternativa seleccionada y determinando las condiciones necesarias de operación de cada una de las fases o etapas; además deberá fijar la capacidad de sus elementos. Deberá entregar cada uno de los elementos que hacen parte del sistema, así como memorias de cálculo, planos, especificaciones técnicas de construcción y operación.

Todos los planos de diseño a nivel de factibilidad deberán tener claramente identificados y dibujados todos los elementos requeridos, detallando convenciones claras; además, deberán mostrar en forma detallada, a escalas convenientes, las conexiones, estructuras

especiales, equipos, etc., necesarios para diseñar y construir las obras propuestas. Las cantidades informadas en los diseños y planos deben ser consistentes con las cantidades informadas dentro de los presupuestos, las memorias de cálculo de cantidades de obra, las especificaciones técnicas de construcción y los planos deben servir de base para elaborar los manuales de operación y mantenimiento de las obras propuestas.

Deberán documentarse, además, las especificaciones técnicas de los equipos a adquirir.

#### **4.4.2 Diseños geotécnicos, estructurales y arquitectónicos a nivel de factibilidad**

El contratista deberá ajustar en caso necesario, los diseños geotécnicos que permitan determinar la capacidad portante del sitio específico de la alternativa técnica seleccionada; así como las obras que garanticen la estabilidad geotécnica de las estructuras planteadas para la alternativa técnica seleccionada, recomendaciones y conclusiones correspondientes. Para estos diseños se deberá cumplir con lo establecido en la NSR-10 o la norma vigente a la entrega de los productos de diseño.

El contratista deberá realizar los diseños estructurales a nivel de factibilidad correspondiente a la alternativa de solución seleccionada.

Los diseños estructurales se realizarán en fase de factibilidad y deberán incluir todos los parámetros y cumplir con lo establecido en la NSR-10, o la norma vigente a la entrega de los productos de diseño.

Los diseños y planos se deberán presentar, con perfiles de cada una de las unidades. Se deben seguir las recomendaciones de los estudios de suelos y geotécnicos para elaborar los diseños estructurales que correspondan, ya sea en estructuras de concreto, metálicas, u otro tipo que resulte conveniente para el adecuado funcionamiento del proyecto.

En caso de requerirse, el contratista deberá profundizar la investigación de campo en el sitio indicado, ensayos de laboratorio, evaluación, interpretación y definición de parámetros básicos requeridos para los cálculos estructurales.

El contratista entregará el diseño estructural a nivel de factibilidad de cada uno de los componentes que hacen parte de la solución concertada, incluyendo memorias de cálculo y planos respectivos, en manera digital y física debidamente firmados.

Se debe realizar el diseño arquitectónico de las estructuras que contemplen edificaciones para la operación del sistema, lo cual deberá tener en cuenta acabados acorde a las características de la zona.

#### **4.4.3 Diseños hidrosanitarios a nivel de factibilidad.**

Se deberá diseñar a nivel de factibilidad el sistema hidrosanitario para las obras que así lo requieran del sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos y las obras complementarias. El contratista entregará los planos a, especificaciones técnicas, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento, manuales de operación

con costos recurrentes, que aseguren la durabilidad, funcionalidad, calidad, seguridad, eficiencia y sostenibilidad.

Se deberá dimensionar en los diseños hidrosanitarios, los diferentes componentes del sistema que requieren el suministro de tal servicio, teniendo en cuenta la capacidad y disponibilidad del servicio en la zona.

#### **4.4.4 Diseños eléctricos y mecánicos a nivel de factibilidad.**

El contratista debe llevar a cabo el diseño a nivel de factibilidad del sistemas de energía eléctrica, determinando las condiciones básicas de operación del sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos, fijar la capacidad y establecer el régimen de operación que asegure una operación económica. Se deberá entregar la respectiva memoria de cálculo, planos, especificaciones técnicas, manuales de operación y mantenimiento, manuales de operación con costos recurrentes, con el fin de garantizar seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad.

En caso de aplicar, deberán realizarse los diseños eléctricos y mecánicos con memoria de cálculo. Se deben diseñar los tendidos de redes requerido para tomar la potencia desde la red existente o generador de energía y llevarla hasta el sitio de captación, si es el caso, así como la distribución interna que se requiera para hacer operable las instalaciones. Adicionalmente, se deberá dimensionar los diferentes componentes del sistema que requieren suministro de energía eléctrica, teniendo en cuenta la capacidad y disponibilidad del servicio en la zona.

Para el planteamiento de los diseños eléctricos, se deberá contemplar la normatividad vigente en la materia, la cual será de estricto cumplimiento; lo anterior con el fin de cumplir con los requerimientos del prestador del servicio de energía eléctrica.

#### **4.4.5 Obras complementarias**

Las obras complementarias que sean de necesidad en el desarrollo del proyecto deberán ser incluidas igualmente en el plan de inversiones del proyecto y en el plan de ejecución de las actividades.

El contratista deberá presentar el diseño y planos a nivel de factibilidad de cada una de las obras complementarias que sean requeridas para el desarrollo del proyecto, tales como cerramientos, cerco perimetral, vías, oficinas, caseta de vigilancia, valla publicitaria, y demás que de acuerdo con el contratista sean necesarias en el desarrollo de las actividades.

Se realizará la correspondiente justificación e importancia de cada una de las obras complementarias, así como los planos con los detalles que deberán contener además las memorias de cálculo, especificaciones técnicas, mantenimiento y manuales de operación en caso de ser necesario.

#### **4.4.6 Requerimientos logísticos**

El contratista presentará con las respectivas especificaciones y justificaciones técnicas los requerimientos necesarios desde el punto de vista logístico para el desarrollo del proyecto de acuerdo con el alcance definido y la alternativa seleccionada. Deberá consignar los requerimientos para la operación del sistema, donde involucre recolección de los residuos, transporte, pesaje, recepción del material, almacenamiento, pretratamiento, aprovechamiento, almacenamiento de residuos, así como el almacenamiento y empaque de los coproductos.

De otro lado deberá dimensionar el número de operarios, personal de supervisión, así como las jornadas de trabajo, equipos necesarios y toda la logística, necesaria para el cumplimiento de la actividad.

Se deberá realizar por parte del contratista el esquema de recolección de los residuos y las necesidades a solucionar en cada uno de los puntos identificados como generadores potenciales; se deberá considerar la distancia con el predio seleccionado para la implementación del sistema de aprovechamiento, los modelos de recolección establecidos por la Empresa Prestadora del Servicio y los vehículos utilizados para tal fin.

Se diseñará además el protocolo logístico de la recolección del material, el transporte y recepción previo al proceso de aprovechamiento y la logística que se implementará para el aprovechamiento de los coproductos, así como los requerimientos.

#### **4.4.7 Memorias de cálculo de cantidades de obra**

Deberá incluirse una memoria del cálculo de las cantidades de obra, interpretando el contenido de los planos. Las memorias de cálculo de cantidades de obra deben acompañarse de diagramas con despieces de volúmenes, longitudes o elementos, según sea el caso, indicando con nomenclatura adoptada, la localización de cada elemento analizado y de cada componente del sistema. Las cantidades de obra son producto de los planos constructivos y diseños, por lo que deben calcularse con la mayor precisión posible, evitando generar en el momento de la ejecución del proyecto mayores o menores cantidades de obra, ni ítems o cantidades de obra no previstas.

#### **4.4.8 Presupuesto y análisis de precios unitarios**

El contratista realizará un presupuesto detallado del proyecto diferenciando por capítulos cada uno de los elementos principales del sistema proyectado y atendiendo los diseños a nivel de factibilidad ejecutados en cada uno de los componentes. Deberá incluir cantidad de obra por cada ítem y presentar la memoria de cálculo de dichas cantidades. La ejecución de cada actividad de las obras definidas en el estudio deberá tener establecido los insumos y servicios necesarios (materiales, mano de obra, maquinaria equipo, transportes, rendimientos, etc.) con el fin de conformar los Análisis de Precios Unitarios - APU. Con cada APU y las cantidades de obra respectivas, se procederá a calcular el presupuesto de la obra de la alternativa diseñada.

El contratista deberá entregar Análisis de Precios Unitarios (APUs) de todos los ítems incluidos en el presupuesto, los cuales deben estructurarse con base en costos y

condiciones de mercado locales. Con base en las cargas impositivas locales, se establecerá el porcentaje de Administración y Utilidades (AU) que afectará los costos directos del presupuesto de obra.

Se deberá presentar el desglose del factor de costos indirectos A.I.U (Administración, Imprevistos y Utilidad), valor que deberá ser acorde a las características de la zona.

Adicionalmente, se deberá tener en cuenta costos por acarreo interno para la construcción de las estructuras y de igual manera tener en cuenta los posibles costos de explotación y transporte de material en el evento que no exista la posibilidad de los materiales necesarios en la zona.

El contratista deberá presentar una lista de materiales, insumos y equipos disponibles en el mercado, con cotizaciones recientes que permitan estimar el valor promedio de las compras requeridas, evaluando los costos con el suministro al sitio de la obra.

#### **4.4.9 Especificaciones técnicas**

Partiendo de las características individuales de cada actividad de la obra, el contratista presentará la respectiva especificación técnica de construcción, indicando generalidades, normatividad aplicable, unidad de medida y forma de pago. El contratista entregará las especificaciones técnicas de construcción, materiales y equipos requeridos de cada una de las actividades que estén contempladas en el presupuesto de obras.

Cuando se requiera la adquisición y utilización de equipos para la operación de algún componente, se presentará la respectiva especificación técnica.

Estará a cargo del contratista, entregar además el manual logístico y operativo para la implementación del sistema de aprovechamiento.

#### **4.4.10 Cronograma y programación del proyecto**

El contratista formulará el programa estimado de ejecución del proyecto, que involucre todos los componentes y las etapas como la identificación, diagnóstico, alternativas e ingeniería de detalle de la alternativa seleccionada, identificando todas las actividades asociadas a entregables concretos, duración, fechas de inicio y terminación. Se deberá realizar la programación del flujo de fondos o financiera del proyecto para el tiempo estimado en el desarrollo de las actividades detalladas en los presentes términos de referencia.

#### **4.4.11 Programa Manejo Ambiental**

El contratista deberá identificar para cada uno de los componentes que integran la alternativa viable, las diferentes exigencias, trámites, permisos, concesiones o autorizaciones requeridas por la Autoridad Ambiental competente tanto para la construcción y operación de dicha alternativa. Así mismo, se deberán estimar los costos correspondientes a la elaboración, presentación e implementación en las etapas de construcción y

operación de los respectivos permisos, concesiones o autorizaciones o del instrumento de manejo y control ambiental que aplique.

El contratista detallará las acciones a realizar para el cumplimiento normativo que se identifique.

#### **4.4.12 Análisis jurídico**

Se deberá desarrollar por parte del contratista un análisis jurídico de cada uno de los aspectos legales para cada fase del proyecto, donde se incluyan el normograma con su respectivo análisis y fundamentación jurídica, las propuestas de contratos de construcción, operación, mantenimiento y comercialización de los coproductos que se generaran con la alternativa seleccionada.

El análisis se deberá entregar en documento físico y medio digital, y deberán ser socializados con la interventoría del proyecto cuando esta lo considere necesario.

#### **4.5 Productos por desarrollar**

Los informes se entregarán ajustados al cronograma de trabajo, en donde se verifique el avance de las metas y objetivos propuestos y que además sirva para el soporte de los pagos acordados.

Los informes deberán ir firmados por los responsables de la elaboración y aprobación tanto del contratista como de la interventoría.

Los informes se elaborarán en los modelos acordados entre las partes y deberán contener las referencias bibliográficas utilizadas.

##### **4.5.1 Producto 1. Identificación, diagnóstico y evaluación de los predios y selección del predio**

El contratista deberá presentar un informe donde recopile la información sobre la identificación, el diagnóstico y la evaluación de los predios acordados con las autoridades Municipales y propuestos por el contratista; además, presentará la selección del predio para el desarrollo del proyecto según el alcance definido. En el informe se debe incluir además de los lineamientos solicitados en los componentes de identificación, diagnóstico, evaluación y selección del predio, lo siguiente:

- Consolidación de la información para cada uno de los predios.
- Evidencias del desarrollo de reuniones y visitas.
- Informe con el diagnóstico de los predios.
- Propuesta de dos predios adicionales.

- Evaluación multicriterio de los predios.
- Selección del predio con justificación técnica.
- Conclusiones y recomendaciones.

#### **4.5.2 Producto 2. Estudios y diseños a nivel de prefactibilidad**

De acuerdo con lo estipulado en el numeral correspondiente a estudios básicos del presente documento, el contratista deberá presentar el detalle mencionado en tal numeral, de los siguientes aspectos o estudios para el predio seleccionado producto del componente inicial:

- Descripción de la metodología utilizada para cada uno de los estudios.
- Análisis y resultados de los estudios por cada especialidad.
- Conclusiones y recomendaciones de los estudios por cada especialidad.
- Levantamiento topográfico del predio seleccionado en el sistema MAGNA SIRGAS a escala 1:500 o mayor y curvas de nivel cada 50 cm (0.5 m).
- Estudios de suelos, geológicos y geomorfológicos que además contenga el programa de exploración del subsuelo y el perfil estratigráfico del subsuelo del predio seleccionado.
- Diseños geotécnicos en fase de prefactibilidad para determinar capacidad portante, obras de estabilidad y recomendaciones para la cimentación.
- Análisis y diseño estructural en fase de prefactibilidad de la infraestructura que contemplen los parámetros de la NSR-10 o la norma vigente a la entrega de los productos de diseño.
- Planos de cada uno de los estudios básicos antes señalados.
- Documento con la identificación y análisis de potenciales generadores de residuos orgánicos que incluya el mapa digital de ubicación en el sistema MAGNA SIRGAS.
- Diagnóstico de la gestión de residuos orgánicos en los puntos identificados.
- Caracterización y aforo de residuos orgánicos en los puntos identificados.
- Documento con el análisis del potencial de aprovechamiento energético y material de los residuos orgánicos que incluya los modelos, diseños estadísticos y/o experimentales, protocolos y validación de las técnicas utilizadas para tal fin; para 50 toneladas/día y para un periodo de diseño de 25 años.
- Evidencias de reuniones y visitas (incluye registro fotográfico).

- Diseño conceptual del sistema de aprovechamiento energético y material de residuos orgánicos para 50 toneladas/día durante toda la vida útil del proyecto que se contempla en 25 años.
- Documento con la presentación y análisis de tres alternativas técnicas de diseño bajo la misma tecnología (digestión anaerobia) para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. El análisis incluirá los aspectos técnicos, económicos, operativos, financieros, sociales, ambientales e institucionales mencionados en el correspondiente numeral de estos términos de referencia.
- Selección de la alternativa más viable

#### **4.5.3 Producto 3. Análisis, elaboración y evaluación del modelo financiero, tarifario, jurídico y comercial.**

El contratista presentará un informe con los análisis realizados en este componente y los estudios mencionados para tal fin; en los documentos entregables se deberán incluir todos los parámetros, variables e indicadores relacionados en el numeral 4.3 de este documento, además:

- Análisis detallado de los componentes comercial, financiero, tarifario y jurídico de los ingresos por venta y tarifa de cada coproducto (biogás, energía y abonos orgánicos).
- Documento de análisis de los escenarios comerciales para cada uno de los coproductos susceptibles de aprovechamiento, que contenga el análisis de mercado.
- Análisis DOFA de la inclusión al componente tarifario de cada coproducto.
- Análisis de alternativas para incorporar los coproductos a la tarifa del servicio de aseo, energía, o aprovechamiento y valoración de los coproductos.
- Matriz de análisis multicriterio considerando el cierre económico y comercial del proyecto, que incluya las variables y los indicadores financieros.
- Análisis de viabilidad y sostenibilidad financiera para un horizonte de 25 años.
- Análisis y estructuración jurídica del proyecto.
- Todos los documentos deberán contener los análisis con sus respectivas memorias de cálculo, conclusiones y recomendaciones, así como referenciar las fuentes bibliográficas utilizadas para realizar dichos análisis.

#### **4.5.4 Producto 4. Diseños a nivel de factibilidad de la alternativa seleccionada para la planta de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos**

Se presentará por parte del contratista un informe que contenga los estudios y diseños en fase de factibilidad para la alternativa seleccionada, de acuerdo con el alcance,

parámetros y especificaciones descritas en el numeral 4.4 de este documento, donde se deberá incluir, además:

- Diseños a nivel de factibilidad del sistema de aprovechamiento energético y material de residuos sólidos orgánicos de la alternativa seleccionada.
- Diseños geotécnicos y estructurales a nivel de factibilidad y deberán incluir todos los parámetros y cumplir con lo establecido en la NSR-10, o la norma vigente a la entrega de los productos de diseño.
- Diseño arquitectónico de las estructuras que contemplen edificaciones para la operación del sistema, lo cual deberá tener en cuenta acabados acorde a las características de la zona.
- Diseños hidrosanitarios, dimensionar en los diseños hidrosanitarios, los diferentes componentes del sistema que requieren el suministro de tal servicio, teniendo en cuenta la capacidad y disponibilidad del servicio en la zona.
- Diseños eléctricos y mecánicos para la operación del sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.
- Diseños de las obras complementarias tales como cerramientos, cerco perimetral, vías, oficinas, caseta de vigilancia, valla publicitaria, y demás que de acuerdo con el contratista sean necesarias en el desarrollo de las actividades.
- Manuales técnicos y logísticos de construcción, operación y mantenimiento para cada una de las unidades del sistema. Deberá consignar los requerimientos para la operación del sistema, donde involucre recolección de los residuos, transporte, pesaje, recepción del material, almacenamiento, pretratamiento, aprovechamiento, almacenamiento de residuos, así como el almacenamiento y empaque de los coproductos.
- Cada uno de los diseños y estudios antes señalados contendrán: Descripción de la metodología utilizada, memorias de cálculo, memorias de cálculo de cantidades de obra, resultados, conclusiones y recomendaciones.
- Planos a nivel de factibilidad de todos los diseños, con sus respectivos detalles estructurales y no estructurales que se puedan requerir.
- Presupuesto y análisis de precios unitarios.
- Documento con las especificaciones técnicas de construcción, materiales y equipos requeridos de cada una de las actividades que estén contempladas en el presupuesto de obra.
- Cronograma de trabajo.
- Programa Manejo Ambiental.
- Documento con análisis jurídico y propuestas de contratos para cada una de las fases del proyecto.

- Normograma aplicado al proyecto y con su respectivo análisis.
- Logística para la gestión de residuos sólidos orgánicos.