
 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

4.4.4. APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL EL CARRASCO, PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO



4.4.4.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Recuperar y aprovechar el biogás que se produce en el sitio de disposición final El Carrasco, para controlar las emisiones de gases de efecto de invernadero, reducir los olores ofensivos generados y obtener la negociación de los certificados de reducción de emisiones de GEI.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar las actividades de proyectos del tipo de energía renovable con una capacidad de producción máxima de hasta 15 megavatios, teniendo en cuenta las metodologías, modalidades y procedimientos para las actividades de proyectos en pequeña escala del Mecanismo para un Desarrollo Limpio del protocolo de Kyoto
- Realizar los estudios adicionales requeridos para determinar el proceso tecnológico más viable para aumentar el volumen de captación de biogás en los sectores clausurados del sitio de disposición final El Carrasco e implantar la nueva captación en los sectores actuales y futuros de disposición, con el fin de obtener mayores y seguras tasas de captación, recuperación y aprovechamiento del Biogás.
- Diseñar el plan técnico y financiero viable de aprovechamiento para la cogeneración de la energía.
- Diseñar el programa de control, monitoreo y seguimiento de registros para la cuantificación y caracterización en forma permanente del biogás.
- Construir y ejecutar las obras e instalación de equipos para la captación, conducción, aprovechamiento del biogás generado, así como la incineración del biogás remanente.
- Ejecutar el programa de control, monitoreo y seguimiento de registros para la cuantificación y caracterización en forma permanente del biogás.

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

- Realizar la negociación internacional para la venta de los certificados de reducción de los GEI.

4.4.4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sitio de disposición final de residuos sólidos El Carrasco, además de la afectación que genera por olores ofensivos que afectan a la comunidad ubicada en las áreas aledañas, está impactando el medio ambiente global por la emisión de gases de efecto invernadero.

Estos gases (principalmente el dióxido de carbono (CO_2 y CH_4)) se encargan de absorber la energía emitida por el Sol, impidiendo que los días sean demasiado calurosos o las noches demasiado frías; el aumento en la emisión de estos gases además provoca cambios drásticos en el clima mundial haciéndolo cada vez más impredecible, sufriendo alteraciones en las temperaturas regionales y en los regímenes de lluvia, entre otros.

Para enfrentar esta problemática las Naciones Unidas, por medio de la Junta Ejecutiva del protocolo de Kyoto han desarrollado metodologías para que este tipo de proyectos puedan acceder a Certificados de Reducción de Emisiones por cada tonelada de CO_2 o CH_4 reducida.

Según el protocolo de Kyoto, 1 millón de toneladas de Residuos Sólidos Municipales en un relleno sanitario, generan aproximadamente 300 pies cúbicos por minuto de biogás y a su vez éste puede generar 7.000.000 kilowatios hora (Kwh.) por año. Estos 7.000.000 Kwh. son suficientes para dar energía a 700 casas en un año. Lo anterior indica que utilizando 300 pies cúbicos /año de biogás se tiene una reducción en gases de efecto invernadero semejante a eliminar 6,100 vehículos de circulación al año o a plantar 3320 hectáreas de árboles.

Por todo lo anterior, es necesario implementar el sistema de aprovechamiento del biogás generado en el sitio de disposición final El Carrasco, de la ciudad de Bucaramanga, con el objeto de contribuir en la reducción de los gases de efecto invernadero, mejorando el ambiente y generando ingresos económicos por concepto de la certificación en la reducción de GEI.

4.4.4.3 ALCANCE DEL PROYECTO

Implementar un sistema de captación y aprovechamiento del biogás generado en el sitio de disposición final de desechos del AMB, que reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero y los olores ofensivos que afectan a la comunidad ubicada en áreas aledañas.

4.4.4.4 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

Generalidades

El gas de relleno, es ampliamente utilizado como fuente de energía, ya que su poder energético es aproximadamente el 60-65% del que posee el gas natural. En muchas ocasiones el gas de relleno puede utilizarse como fuente de energía sin tratamiento previo, si las concentraciones de sus compuestos traza y contaminantes no superan ciertos niveles.

Tabla 1. Composición general de compuestos traza del gas de relleno sanitario

Compuesto	Concentración (mg / m ³)
Compuestos clorados	0 – 90
Compuestos fluorados	0 – 20
Sulfuro de Hidrógeno	0 – 150
Azufre total	0 – 200

Fuente: Generalidades del gas de relleno sanitario, LEGUIZAMO, Ramiro. Bucaramanga, 2.002

- Composición del biogás**

Los principales componentes del biogás son el metano (CH₄), el dióxido de carbono (CO₂) y el oxígeno (O₂) distribuidos de la siguiente forma:



Tabla 2. Composición química del biogás

Componente	% en Volumen
Metano, CH ₄	30% - 70%
Dióxido de carbono, CO ₂	30% - 60%
Oxígeno, O ₂	0% – 10%
Nitrógeno, N ₂	0% - 3%
Hidrógeno, H ₂	0% - 3%
Sulfuro de hidrógeno, H ₂ S	0% - 2%

Fuente: Generalidades del gas de relleno sanitario, LEGUIZAMO, Ramiro. Bucaramanga, 2.002

El metano es el principal componente del biogás, y le confiere las características combustibles al mismo. El valor energético del biogás por lo tanto, estará determinado por la concentración de metano - alrededor de 20–25 MJ/m³, comparado con 33 – 38MJ/m³ para el gas natural.

Poco tiempo después del sellado, los contaminantes gaseosos alcanzan un nivel máximo y van decreciendo con el transcurso de los años. Puesto que en los últimos años se han restringido la producción y el vertido de residuos de alto poder contaminante, puede esperarse un decrecimiento en los niveles de los componentes traza, especialmente en los rellenos sanitarios recientes y futuros.

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

Las razones por las cuales es necesario tratar el gas producido en rellenos sanitarios son la agresividad y los efectos corrosivos propios de estos. El aprovechamiento del gas debe realizarse para controlar las emisiones de gases de efectos de invernadero contenidos en este, en pro de la disminución de los impactos ambientales que se producen en la actualidad por efectos del calentamiento global.

El aprovechamiento del gas de relleno sanitario más utilizado, es la producción de electricidad. Este tipo de aprovechamiento ha sido ampliamente utilizado en plantas de tratamiento de aguas residuales, especialmente en aquellas en donde se utilizan tratamientos anaeróbicos, y a partir de los ochentas se ha utilizado en rellenos sanitarios.

Dado que el gas de relleno sanitario llega a estar disponible de forma continua a lo largo del tiempo, y la alimentación a la red eléctrica puede mantenerse constante, la producción de electricidad tiene una ventaja sobre otras técnicas de aprovechamiento, en donde el consumo de gas (o energía) no puede ser constante.

- **Biogás en la producción de electricidad con motores de gas**

Las posibilidades de utilización del biogás como combustible en motores es una manera sencilla de aprovechar su contenido energético. Los tipos de motores comúnmente utilizados tienen una potencia que varía desde 75 a más de 1500 Kw(e) con una calidad de gas de relleno de 50 – 55% de metano, equivalente a una entrada de gas de aproximadamente 50 – 750 m³/h.

El biogás puede ser utilizado como combustible alternativo para potenciar motores a diesel o a gasolina, a partir de los cuales se puede producir energía eléctrica por medio de un generador.



En el caso de las plantas diesel, el biogás puede reemplazar hasta el 65% del ACPM, mientras en los motores a gasolina, el biogás puede reemplazar aproximadamente hasta el 90% de la misma, dependiendo de la concentración de metano en el biogás.

Sin embargo existen algunas limitaciones en el uso del biogás de rellenos sanitarios como combustible en motores. En la tabla 3 se presentan algunas especificaciones de gas para diferentes tipos de motores.

Tabla 3. Requerimientos típicos para motores de gas

Componente	Rango
Contenido energético	13 – 21 MJ / m ³
Variación del contenido energético	0 – 2 MJ / m ³
Temperatura máxima de alimentación	40 - 60 °C
Mínima presión suministrada	25 – 80 mbar
Humedad del biogás	≤ 70 – 80%
H ₂ S	1000 – 2000 mg / m ³
Cloruros y fluoruros	60 – 80 mg / m ³

Fuente: Generalidades del gas de relleno sanitario, LEGUIZAMO, Ramiro. Bucaramanga, 2.002

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

A partir de la información de la tabla anterior, resulta evidente la factibilidad de utilizar el gas de relleno sanitario como combustible, de acuerdo a su contenido energético. Las otras condiciones del gas tales como temperatura, presión y humedad, deben determinarse en el diseño que se proponga. Por otra parte, es importante resaltar, que la concentración de contaminantes especialmente cloro y fluor, puede ser una limitación para el posible uso del gas.

Otro aspecto a tener en cuenta en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica a partir del gas de relleno, es la calidad del mismo. Con un gas de alta calidad los motores funcionarán de forma más estable que con gas de baja calidad.

El mantenimiento de un motor de biogás es con frecuencia similar al de otros motores: cambios de aceite a intervalos regulares, cambio de bujías y revisiones. Puesto que en el biogás puede haber más contaminantes, que con otros gases, la limpieza o cambio de aceite se debe realizar con más frecuencia.

Etapas del proyecto

- **Determinación de las características químicas y de generación del biogás en el sitio de disposición final**

La determinación de las características químicas y de generación del biogás del sitio de disposición final debe realizarse evaluando tres aspectos:

- ~ Aplicación de un modelo matemático que propicie establecer un valor teórico de generación.
- ~ Mediciones de caudales generados.
- ~ Caracterización química del biogás y componentes de traza.

➤ **Modelo para la estimación del biogás**

Un modelo matemático calcula la generación y su recuperación depende del diseño del sistema, operación y mantenimiento, del tamaño del RS, la profundidad, y el material de protección., relacionado la precipitación, la cantidad de desechos orgánicos y el contenido de humedad, entre otros.

➤ Mediciones de los caudales generados

✓ *Parámetros de medición*

En esta etapa se deben realizar tomas de caudal de biogás a condiciones reales (presión atmosférica de 680 mm y a temperatura ambiente) en cada uno de los pozos del relleno, con el objetivo de determinar los flujos promedio. Estas pruebas deben realizarse durante un periodo de tiempo considerable, buscando identificar las variaciones que normalmente suelen presentarse en las cantidades de biogás generado en las diferentes zonas del relleno, buscando lograr un caudal promedio representativo.

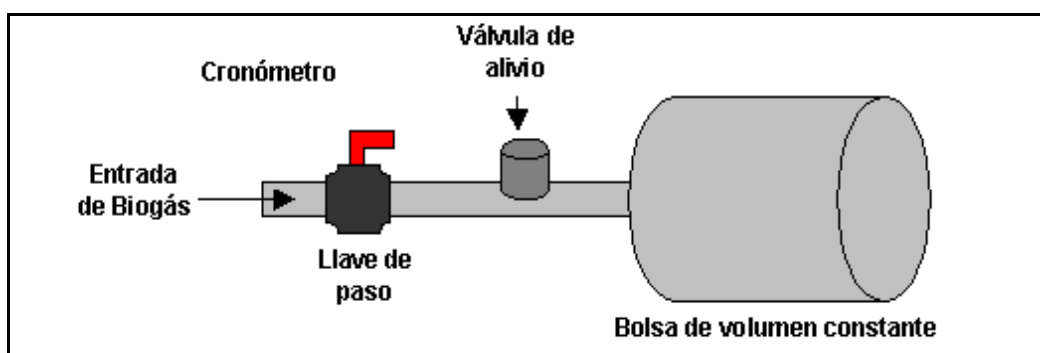
Además del caudal a condiciones reales, debe calcularse el caudal a condiciones normales, es decir en condiciones estándar de temperatura y presión atmosférica, este cálculo se realiza teniendo en cuenta los valores:

- Presión atmosférica: 760 mm de Hg.
- Temperatura : 26 °C



✓ *Equipo requerido*

Dentro de los dispositivos que se pueden emplear para realizar las mediciones, se puede considerar el de flujo constante (ver figura 1), en el cual la lectura se basa en la estimación de los tiempos de llenado de la bolsa instalada en dicho dispositivo, y así determinar el caudal promedio mediante la relación volumen Vs tiempo.

Figura 1. Dispositivo para medición de caudal de biogás



Fuente: Proyecto de generación eléctrica. LUNA Pablo. Bucaramanga, 2.002

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

➤ Caracterización química del biogás y componentes traza

✓ *Parámetros de evaluación*

El análisis de la composición química del biogás efluente de los pozos de la zona de clausura del relleno, se debe realizar evaluando los siguientes parámetros:

Tabla 4. Análisis químico a realizar en el biogás del relleno sanitario

Parámetros a evaluar	Unidades de medida
Metano (CH ₄) %	%
Dióxido de carbono (CO ₂) %	%
Oxígeno (O ₂) %	%
Nitrógeno (N ₂) %	%
Hidrógeno, H ₂	%
Sulfuro de hidrógeno, H ₂ S	%
Elementos traza	
Compuestos clorados	mg / m ³
Compuestos fluorados	mg / m ³
Sulfuro de Hidrógeno	mg / m ³
Azufre total	mg / m ³

Fuente: Proyecto de generación eléctrica, caso El Carrasco. LUNA Pablo. Bucaramanga, 2.002



✓ *Equipo requerido y procedimiento técnico*

Para las anteriores pruebas, se puede utilizar el método de análisis cromatográfico, utilizando un cromatógrafo de gases HP 5890II, con configuración para análisis cromatográficos multidimensional. Se menciona este cromatógrafo, ya que se encuentra disponible en el Instituto Colombiano de Petróleos, lo que hace fácil su adquisición.

Como norma se puede emplear el Procedimiento Técnico PTE-47001-3 basado en el método estándar, GPA 2261, el cual permite identificar y cuantificar los componentes típicos de un gas de combustión y biogás, incluyendo los gases inertes, H₂S (mayor del 1% Mol) e hidrocarburos C1.

• Realización de pruebas de generación

El siguiente paso a la caracterización del biogás es la identificación del potencial de generación de energía del sitio de disposición final. Estas pruebas se realizan teniendo en cuenta que lo que se prevé, es aprovechar este gas para su conversión en electricidad, por ser el tipo de aprovechamiento más económico y con mayores ventajas operativas.

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

Con base en la experiencia tenida con las pruebas realizadas en el año 2.002, para el proyecto “Sistema de generación eléctrica a partir de biogás, estudio caso El Carrasco”, se describe la siguiente metodología.

Las pruebas piloto pueden realizarse utilizando una planta eléctrica dual, que funcione una mezcla de biogás - gasolina o con alimentación alterna de gasolina. Dentro de los equipos requeridos para las pruebas se tienen:

- Equipos de medición eléctrica
- Tanques de almacenamiento de gas
- Regulador de presión
- Manómetro

➤ **Adecuaciones previas a las pruebas de generación**

Dentro de las actividades previas a realizar en la prueba se tienen:

✓ **Selección de los pozos de suministro**

Se seleccionarán aquellos pozos que presenten el mayor caudal de salida.

✓ **Dispositivos de las pruebas**

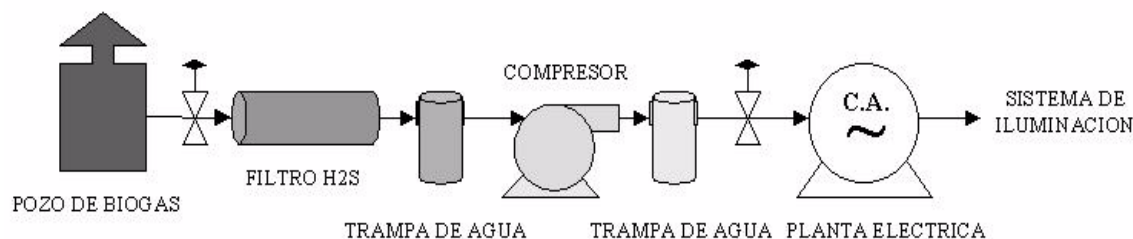
Para el desarrollo de las pruebas, se pueden emplear:

Medidor de consumo de combustible: La medición del gasto de combustible se efectúa utilizando un visor de nivel conectado al tanque de suministro.

Filtro para la captación del sulfuro de hidrógeno: Como se ha mencionado anteriormente, por lo general, el biogás de relleno sanitario contiene cantidades variables de sulfuro de hidrógeno (H_2S). Este compuesto al reaccionar con agua se convierte en ácido sulfúrico (H_2SO_4), el cual es altamente corrosivo, pudiendo ocasionar daños a las instalaciones de cualquier sistema que se pretenda instalar. Con el fin de eliminar o disminuir el porcentaje de H_2S en el biogás se emplean sistemas de filtro con sustancias como limadura de hierro o ciertos tipos de tierras las cuales son ricas en sustancias ferrosas.

Filtro para la captación de humedad del Biogás: El biogás efluente de los pozos de un relleno sanitario, presenta un alto contenido de humedad y esta condición es desfavorable para la operación de una planta de generación. Para eliminar la humedad del biogás a utilizar como combustible, se deben instalar *trampas de agua* después del filtro para captación de Sulfuro de Hidrógeno y después del compresor de gas.

Figura 2. Sistema de filtros para la adecuación del gas a aprovechar



Fuente: Proyecto de generación eléctrica caso El Carrasco. LUNA Pablo. Bucaramanga, 2.002

✓ **Requerimiento de equipos**

En la tabla 5 se presentan los equipos requeridos para la realización de la prueba de generación eléctrica a partir del biogás de relleno, según la cauterización existente, realizada en el 2.002 al interior del sitio de disposición final El Carrasco. Las especificaciones de los equipos corresponden a los de los equipos utilizados en dicha caracterización.

Tabla 5. Equipo requerido para la realización de pruebas de generación eléctrica



Equipo	Especificaciones
Planta eléctrica	Tipo ES 100E, 5 kW Monofásica, 230 / 115 V 21.7/ 43.4 A, 3600 r.p.m.
Compresor	Tensión 110 Voltios
Manómetro	Rango 0-15 psi ; Máx press: 9.5 Kg/cm ²
Trampa de agua	Máx press: 9.9 Kg/cm ² , 3/8"
Pinza amperimétrica digital	0-600 Amperios
Multímetro digital	0-600 Voltios

Fuente: Proyecto de generación eléctrica caso El Carrasco. LUNA Pablo. Bucaramanga 2.002

• **Tipos de pruebas a realizar para la selección del sistema**

➤ **Prueba de generación de electricidad utilizando gasolina como combustible**

Alimentando la planta con gasolina, se mide el consumo de combustible durante un periodo de tiempo determinado, manteniendo una carga constante en el generador de corriente.

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

Las variables a medir en este proceso serán:

- Potencia generada
- Tensión de salida
- Consumo de gasolina

➤ **Prueba de generación eléctrica utilizando la mezcla biogás (de relleno) - gasolina**

En este tipo de prueba, se ajusta la alimentación de la planta de tal manera que el biogás captado del relleno sanitario ingrese por un sistema alternativo de combustible (gas), aislado del sistema de alimentación por gasolina, de tal manera que la planta queda potenciada con los dos sistemas.

La presión del gas debe regularse en 2 psi, para conseguir un mayor punto de explosión del metano y mantener un flujo mínimo de 3 m³/h.

Según el estudio realizado en el Carrasco, el procedimiento utilizado es el siguiente:

- Se energiza la unidad utilizando solo gasolina.
- Se alimenta la carga a potenciar por el generador.
- Una vez estable la planta de generación, se reduce el paso de gasolina, y se alimenta la unidad con biogás, regulando el flujo hasta lograr una condición estable de la unidad de generación.
- Una vez establecida la condición estable de la mezcla se miden los parámetros de rendimiento del sistema.

Las variables a medir en este proceso, al igual que en el sistema alimentado por solo gasolina serán:



- Potencia generada
- Tensión de salida
- Consumo de gasolina

➤ **Prueba de generación eléctrica utilizando el biogás del sitio de disposición final**

La prueba de generación utilizando sólo el biogás generado en el relleno, implica la eliminación de la alimentación con combustible fósil (gasolina).

Según el estudio realizado en el Carrasco, el procedimiento utilizado es el siguiente:

El procedimiento inicia, encendiendo la planta utilizando para ello gasolina.

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

Una vez cargado el generador de la planta, se elimina la alimentación con gasolina y se ajusta la entrada de caudal del biogás a utilizar como combustible.

Se aplica carga al generador, hasta el punto máximo permitido por la planta de generación, sin que se cambien las condiciones de la planta (presión y frecuencia).

Las variables a medir en este proceso serán:

- Carga máxima aplicada
- Tensión de salida
- Consumo de biogás

Las pruebas anteriormente descritas, permitirán establecer si bajo las condiciones del actual sitio de disposición final, es factible o no implementar un sistema de generación eléctrica a partir de la generación de biogás, ya sea para el autoabastecimiento energético de las instalaciones del relleno o para su utilización con fines comerciales (venta de energía a residentes de los sectores aledaños al lugar del proyecto).



- **Estudio de factibilidad técnica y económica**

El estudio de factibilidad técnica deberá realizarse, con base en los resultados de los parámetros anteriormente descritos y a través del diseño del sistema de aprovechamiento (generación de energía eléctrica) más conveniente, y su evaluación técnica y financiera. El sistema deberá tener característica de mínimo costo, mayor eficiencia y simplicidad operativa.

- **Construcción y puesta en marcha del sistema de generación**

Una vez definido el diseño el sistema de aprovechamiento, la etapa a seguir es su construcción y puesta en marcha. El responsable de la construcción del sistema, se definirá mediante licitación pública. Los responsables de la operación serán las personas operadoras del sitio de disposición final en el momento del inicio del proyecto.

Dentro de las obras que deberán ser construidas para el sistema se tienen:

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

➤ **Infraestructura de captación y transporte**

Este sistema comprende tuberías, medidores de flujo entre otros.

➤ **Sistema de pretratamiento del gas para su aprovechamiento**

El pretatamiento del gas de relleno sanitario, se basa en dos acciones: la deshidratación (enfriamiento y secado) y la eliminación de compuestos traza. Generalmente para esta eliminación se emplean las técnicas de absorción y adsorción, conversión biológica y tratamiento con un líquido de lavado.

Los componentes sulfurados, así como los H_2S , se pueden separar en un lecho cargado con carbón activo impregnado u óxido de hierro. Este lecho se colmata y debe ser reemplazado con el tiempo, por lo que en todo sistema se recomienda instalar un esquema doble para operar en continuo durante la reposición de un lecho.

Los compuestos halogenados del gas se pueden absorber en un lecho de carbón activo.



Una técnica especial de purificación es la eliminación del dióxido de carbono. En este proceso se eleva el potencial energético del gas de relleno. Dentro de ciertos parámetros, la calidad del gas puede homologarse con la del gas natural, de ahí que esta sea una de las técnicas de aprovechamiento del gas de relleno.

➤ **Sistema de generación eléctrica**

El sistema de generación eléctrica estará compuesto de acuerdo con lo determinado en la etapa de diseño del sistema de generación.

- **Sistema de monitoreo, seguimiento y control**

El sistema de monitoreo y control se ejecutará, implementando el sistema de medidores de flujo y concentración del gas. A su vez se establecerá el programa de registro y evaluación de la eficiencia del sistema.

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

Desarrollo del proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio “MDL” para la negociación de los certificados de reducción de GEI

El proyecto de Desarrollo de Mecanismo de Desarrollo Limpio “MDL” implica definir Objetivos, una descripción general, los participantes, los beneficios ambientales, globales y locales y los aspectos socio-económicos.

Es importante también para su aprobación, que se garanticen los siguientes aspectos:

- Adicionalidad
- Línea de base
- Estimación de la Reducción de Emisiones
- Determinación escala
- Plan de M y V
- Análisis económico-financiero
- Participación comunidad



Con todo esto se establecen los siguientes pasos:

- Ingeniería del proyecto
- Elaboración EIA
- Documentación MDL
- Validación EO
- Aprobación OAMD
- ERPA
- Registración JE MDL

• **Adicionalidad**

Se entiende esto como el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- **Ambiental:** La actividad del proyecto debe reducir efectivamente emisiones de GEI en referencia a la línea de base
- **Legal:** No hay en Colombia obligación legal de capturar el biogás generado en rellenos sanitarios

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

Que se identifiquen las siguientes barreras:

- **Institucional:** falta de información relacionada al potencial de GRS, MDL, y mercado de carbono.
- **Financiera:** inversiones significativas e incapacidad de los municipios de afrontar los costos de inversión y de OyM
- **Tecnológica:** falta de conocimiento de la tecnología de captura y utilización de GRS

En general la adicionalidad es un escenario que representa de manera razonable las emisiones de GEI., en donde se cumplan los siguientes principios:

- Transparencia
- Prudencia – Conservador
- Especifico a cada Proyecto
- Considerar políticas y circunstancia nacionales

- **Línea base**

Se hace necesario determinar los siguientes parámetros:



- Cantidad total GRS generado durante vida útil
- Potencial de generación de metano
- La tasa de generación de RSU
- La tasa de generación de metano
- La eficiencia de recuperación de GRS
- La composición de GRS

- **Estimación de la reducción de emisiones**

En donde se disponga la información y pueda verificarse el metano capturado, el metano no quemado y la reducción de las emisiones en toneladas de CO₂e (promedio anual).

- **Plan de monitoreo y verificación**

Se debe establecer las mediciones y cálculo de la reducción de emisiones reales en:

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

- Caudal, temperatura, presión, y composición del GRS
- Eficiencia de la combustión
- Disponibilidad del sistema

Se debe desarrollar la Gestión del Plan de Monitoreo y la Verificación en:

- Protocolos para el monitoreo con procedimientos y metodologías para realizar de las mediciones, tomar muestras y registrar datos.
- El control y aseguramiento de la calidad para: revisar y actualizar los protocolos de procedimientos de operación, medición, seguridad e higiene y calibración de equipos e instrumental. Controlar la documentación y el registro continuo de la información. Capacitar en los procedimientos a utilizar y establecer un régimen de auditorías.

- **Desarrollo del proyecto de ingeniería**

Los siguientes componentes de ingeniería deben quedar definidos:

- *Sistema de extracción y transporte*
- *Sistema de succión*
- *Sistema de tratamiento*
- *Sistema de aprovechamiento*
- *Sistema de manejo de subproductos o remanentes*

4.4.4.5 ASPECTOS FINANCIEROS DEL PROYECTO

A continuación, se describen los aspectos financieros relacionados con el desarrollo de este proyecto, es necesario aclarar, que los costos que se presentan son valores aproximados de los diferentes componentes que lo conforman.

Los costos estimados de cada una de las etapas del proyecto se presentan en la Tabla 6.



 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

Tabla 6. Aspectos financieros del proyecto

Etapa
Etapa de caracterización y modelamiento
Aplicación de un modelo matemático para establecer la cantidad de biogás susceptible a captar Caracterización del Biogás Pruebas de potencia en campo.
Costo de caracterización y modelamiento se estima en U\$ 20.000
Estudio de factibilidad técnica y económico
Diseño del sistema de aprovechamiento o diseño del sistema de quemado o venteo Evaluación técnica y financiera.
Costo del estudio de factibilidad se estima en U\$ 30.000
Etapa de Implementación
Adecuación del sitio Construcción del sistema de captación y aprovechamiento Construcción del sistema de generación
El costo de la implementación se estima en U\$ 2.000.000
Etapa de operación
Costos de personal Costos de mantenimiento Costos del sistema de monitoreo y control
Implementación, no es posible estimar costos
Fuente: Grupo PGIRS AMB

4.4.4.6 INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO



Indicadores de beneficio social

- Disminución en la cantidad de quejas presentadas por la comunidad por la presencia de olores ofensivos (%)

Indicadores de beneficio ambiental

- Disminución de los niveles de emisión de ácido sulfhídrico (%)
- Disminución de los niveles de emisión de gas metano (%)
- Disminución de los niveles de emisión de los componentes traza (%)
- Disminución del calentamiento global (%)

Indicadores de rentabilidad económica

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

- Disminución de costos por concepto del consumo de energía eléctrica (%)
- Ingresos percibidos por certificación de reducción de GEI



4.4.4.7 CRONOGRAMA

A continuación se describen las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto de aprovechamiento del biogas generado en el sitio de disposición final de residuos. El cronograma presenta las actividades generales durante el periodo definido en el alcance del proyecto.

ACTIVIDADES	AÑO														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN Y MODELAMIENTO															
Aplicación de un modelo matemático															
Caracterización del Biogás															
Pruebas de potencia en campo															
ETAPA 2 : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA															
Diseño del sistema de aprovechamiento															
Evaluación técnica y financiera.															
ETAPA 3 : IMPLEMENTACIÓN															
Adecuación del sitio															
Construcción del sistema de captación y aprovechamiento															
Construcción del sistema de generación															
ETAPA 4 : OPERACIÓN															
Operación del sistema de aprovechamiento															
Implementación y operación del sistema monitoreo y control															

4.4.4.8 CONCLUSIONES

- En su etapa actual, el proyecto debe plantearse, enfocándose al monitoreo de la generación de gases, ya que este parámetro define la viabilidad o no viabilidad de la implementación del sistema de aprovechamiento.
- Los costos de implementación del proyecto y su operación, dependen del sistema diseñado como producto de las caracterizaciones y pruebas de generación, por lo que en la actualidad, no existen elementos de juicio para determinar su valor.
- Dado el caso en que el biogás generado no sea suficiente para el desarrollo del proyecto, este debe replantearse en términos de eliminación del gas, a través de la incineración.
- El desarrollo del proyecto, además de las reducciones en las emisiones de gases de invernadero y contaminantes al aire, producirá energía del biogás evitando usar recursos

 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER 
III Informe Proyectos Seleccionados a nivel de Prefactibilidad		

no renovables para producir la misma cantidad de electricidad. Además, se podrá evitar emisiones de dióxido de azufre, (contribuye a la lluvia ácida), partículas (relacionadas con el sistema respiratorio), y óxidos de nitrógeno (causa smog) y contaminantes peligrosos al aire

- El proyecto además, Proporcionará otros beneficios locales. Usando el biogás para generar electricidad, se reducirán los olores del sitio de disposición final sobre las áreas de influencia climática que se han identificado en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Se reducirá el riesgo de explosión por la acumulación de biogás en estructuras cercanas al relleno y se generará empleo, al requerir personal para el desarrollo del proyecto.