

Evaluación del potencial energético de la producción de biogás en el relleno sanitario del cantón Salcedo

Evaluation of the energy potential of biogas production in the sanitary landfill of the canton Salcedo

Edwin Daniel Albán Castellanos¹, Paco Jovanni Vásquez Carrera², William Armando Hidalgo Osorio²

¹Petroamazonas EP

²Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, La Maná – Ecuador

Correo correspondencia: Edwin_Alban@petroamazonas.ec, paco.vasquez@utc.edu.ec, william.hidalgo7885@utc.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
12/02/2020

Aceptado:
22/04/2020

Publicado:
25/05/2020

Revista:
DATEH

OPEN ACCESS



Resumen

Debido a la contaminación ambiental que existe actualmente, el ser humano ha buscado nuevas fuentes de energías alternativas para satisfacer sus necesidades. El relleno sanitario del cantón Salcedo – Ecuador, es el centro de estudio, ya que existe un desaprovechamiento del potencial energético del biogás producido. Implementando un sistema de extracción se captó un promedio de 4100 pies cúbicos estándar SCFD (116m³ día⁻¹) de biogás. Utilizando la aplicación del modelo biogás Ecuador diseñado por la EPA US, para el año 2015 existe una producción de biogás de 3.2 m³ min⁻¹. Las cromatografías del biogás realizadas, indican en promedio un contenido de Metano (CH₄) 53%, Dióxido de carbono (CO₂) 43%, Nitrógeno (N) 2% y el resto de componentes menores al 2%, con un poder calorífico de 515 BTU ft⁻¹. Con los resultados obtenidos se propone utilizar el recurso en un sistema de evaporación de lixiviados con una capacidad de 150 l h⁻¹ como primera opción. Y como propuesta alternativa, la implementación de un sistema de generación eléctrica de 10kW para la iluminación del sitio de disposición final.

Palabras clave: ozono, biogás, EPA, Relleno Sanitario.

Abstract

Due to the high pollution that currently exists, the human being has searched new sources of alternative energy to satisfy their needs. The sanitary landfill in Salcedo – Ecuador, it's place of study, due to the fact that, there is a waste of potencial energy of biogas generated. Implementing a extraction system was possible to capture an average of 4100 Standart Cubic Feet Day SCFD (116 m³ day⁻¹). With the application of Biogas Ecuador Model developed by EPA US, for the year 2015 exist a production of biogas of 3.2 m³ min⁻¹. The Chromatography of biogas shows an average of Methane (CH₄) 53%, Carbon Dioxide (CO₂) 43%, Nitrogen (N) 2% and other components less than 2%, with a Net Heating Value 515 BTU ft⁻¹. With those results, it is proposed to use the resource in a system evaporation of lixivates of 150 l h⁻¹ of capacity as a first option. And the second proposal, to implement a power generation system of 10 kW, wich could be used for lighting the final disposal sites.

Keywords: ozone, biogas, EPA, land fill

Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

INTRODUCCIÓN

Es un hecho que en toda sociedad existe la generación de desechos orgánicos, siendo los rellenos sanitarios, quienes permiten su acumulación. Generalmente, los desechos sólidos municipales se optan por la incineración con o sin recuperación de energía. La basura orgánica enterrada en un relleno sanitario sufre un proceso de descomposición mediante el cual se produce el biogás formado por metano (CH₄) en un 50 a 70 %, bióxido de carbono (CO₂) en un

25% a 30%, Hidrógeno (H) en menos de 5% y oxígeno(O₂) en menos del 5% (Guerrero, Gerardo, & Gallegos, 2010). En un relleno sanitario existe una buena producción de metano, estos gases son enviados a la atmósfera normalmente contribuyendo al efecto invernadero, “Es altamente tóxico, 22 veces más nocivo que el CO₂” (Camargo & Velez, Emisiones de biogás producidas en Rellenos Sanitarios, 2009). Este elemento no está siendo aprovechado, y por su fácil combustión se lo puede utilizar en un proceso térmico. Evaluar el potencial de producción

de biogás que existe en el relleno sanitario del cantón Salcedo es lo que se plantea en esta investigación. Para que en base a la información que se obtenga como resultado se planteen propuestas sostenibles para aprovechar la inevitable e inagotable materia prima que se tiene y que a futuro incrementará.

En el desarrollo de la investigación se han planteado objetivos los cuales permitirán analizar ciertas variables que son importantes al momento de cuantificar la producción y calidad de biogás los cuales se detallaran a continuación:

- Caracterizar los residuos que ingresan al relleno sanitario, utilizando la información de la operación diaria, para determinar el porcentaje de materia de la que está compuesto el mismo.
- Medir la cantidad de biogás que se puede extraer en las condiciones actuales, implementando un sistema de tuberías y medidores, para cuantificar y proponer sus posibles aplicaciones.
- Realizar análisis de cromatografía del biogás, extrayendo muestras de los pozos existentes, para determinar su composición y poder calorífico.
- Proyectar la producción de biogás en el relleno sanitario, utilizando el modelo biogás Ecuador, para conocer la producción que se obtendrá durante su tiempo de operación.
- Proponer un sistema de aprovechamiento térmico sostenible del biogás, basados en los resultados obtenidos durante el estudio, para darle un uso racional a este importante recurso.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizó la producción de biogás que se genera en el relleno sanitario del cantón Salcedo. Se cuantificó y caracterizó el potencial de biogás extrayéndolo de los pozos de venteo pasivo existentes, con el fin de esquematizar propuestas sostenibles para su aprovechamiento.

Se ha utilizado documentación del GAD Municipal del Cantón Salcedo, investigaciones realizadas en el lugar, documentos, páginas de Internet relacionadas a la temática que han servido para sustentar teóricamente el problema de investigación, a través del análisis documental

Desarrollo

Para obtener la caracterización de los desechos, se ha solicitado información al GAD Municipal del Cantón Salcedo. Los datos se describen en la siguiente tabla.

| CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS | |
|-----------------------------|---------------|
| CATEGORÍA DE DESECHO | COMPOSICIÓN % |
| Domésticos Orgánicos | 58.66% |
| Papel y Cartón | 8.95% |
| Desechos de construcción | 6.80% |
| Vidrio | 5.33% |

| | |
|--------------------|-------|
| Chatarra | 5.72% |
| Caucho | 4.66% |
| Plásticos | 2.57% |
| Desechos de jardín | 3.44% |
| Madera | 2.69% |
| Ropa usada | 0.92% |
| Otros | 0.27% |

Tabla 1. Composición de desechos estimados en el relleno sanitario del Cantón Salcedo

Para la extracción de biogás se utilizó un sistema de captación compuesto por un compresor, un acumulador un medidor de flujo tipo vortex, todo esto acoplado a un sistema de tuberías de 1/2". En la figura 1 se muestra el sistema instalado.



Figura 1. Sistema de captación de biogás

Se realizaron pruebas en los 3 pozos existentes diariamente durante dos semanas cada uno. En la figura 2 se muestra el comportamiento del pozo 1 durante la captación.



Figura 2. Resultados de la medición del pozo 1

En la figura 3 se puede apreciar la tendencia diaria de captación del pozo 2.



Figura 3. Resultados de la medición del pozo 2

En la figura 4 se muestra el comportamiento del pozo 3 durante el período de captación.



Figura 4. Resultados de la medición del pozo 3

Se tomaron muestras de cada uno de los pozos existentes y el análisis se lo realizó en el laboratorio del Ing. Luis Cano R. de la ciudad de Quito. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

| CROMATOGRAFÍA DEL BIOGÁS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN SALCEDO | | | |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Componente | Pozo 1 | Pozo 2 | Pozo 3 |
| | Fracción molar [%] | Fracción molar [%] | Fracción molar [%] |
| Metano | 54.76 | 51.35 | 53.80 |
| Dióxido de carbono | 44.21 | 45.30 | 40.38 |
| Nitrógeno | 0.3 | 2.17 | 4.31 |
| Etano | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| Propano | 0.68 | 1.15 | 1.80 |
| Agua | 0.03 | 0.0 | 0.00 |
| Heptano | 0.01 | 0.01 | 0,01 |
| Total | 100 | 100 | 100 |
| Poder calorífico | 439 BTU/ft | 423 BTU/ft | 531 BTU/ft |

Tabla 2. Cromatografía del biogás

Se ha modelado en una aplicación que realizó la Agencia de Protección del Ambiente EPA-US denominado Modelo

Biogás Ecuador versión 1.1. En el cual se ingresan parámetros que permiten determinar la producción estimada de biogás que está produciendo. En la figura 5 se muestran los parámetros iniciales.

| PROYECCIONES DE GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE RELLENO SANITARIO JACHAGUANGO - SALCEDO | |
|--|------------------------|
| 7-Feb-16 | |
| Año de Inicio de Operaciones | 2009 |
| Año de Término de Operaciones | 2039 |
| Precipitación Promedio Anual: | 719 mm/año |
| Contenido de Metano en el Biogás: | 50% |
| Índice de Generación de Metano (k): | 0,630 T/año |
| Generación Potencial de Metano (L ₀): | 87 m³/tonelada métrica |
| L ₀ equivalente en unidades inglesas: | 2730 ft³/ton |

Figura 5. Datos iniciales del modelo

Se han ingresado las toneladas dispuestas y se ha considerado el 70% de la eficiencia de captación a partir del año 2017 como punto de partida para iniciar la captación. En la figura 6 se muestra los datos ingresados.

| Año | Dispuestas (toneladas métricas/año) | Toneladas Acumuladas (toneladas) | Toneladas Masa Disponibles | Eficiencia del Sistema de Recolección | Recuperación Actual (m³/ht) |
|------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 2009 | 5.840 | 5840 | 0% | 0% | |
| 2010 | 6.132 | 11972 | 4% | 0% | |
| 2011 | 6.439 | 18410,6 | 8% | 0% | |
| 2012 | 6.761 | 25171,3 | 12% | 0% | |
| 2013 | 7.099 | 32269,6865 | 16% | 0% | |
| 2014 | 7.453 | 39723,17083 | 20% | 0% | |
| 2015 | 7.826 | 47548,32937 | 24% | 0% | |
| 2016 | 8.217 | 55766,79583 | 28% | 0% | |
| 2017 | 8.628 | 64395,13563 | 32% | 70% | |
| 2018 | 9.060 | 73454,89241 | 36% | 70% | |
| 2019 | 9.513 | 82967,63703 | 40% | 70% | |
| 2020 | 9.988 | 92956,01898 | 44% | 70% | |
| 2021 | 10.488 | 103443,81898 | 48% | 70% | |
| 2022 | 11.012 | 114456,0108 | 52% | 70% | |
| 2023 | 11.563 | 126018,6114 | 56% | 70% | |
| 2024 | 12.141 | 138158,7519 | 60% | 70% | |
| 2025 | 12.748 | 150907,7395 | 64% | 70% | |
| 2026 | 13.385 | 164283,1285 | 68% | 70% | |
| 2027 | 14.055 | 178347,7828 | 72% | 70% | |
| 2028 | 14.757 | 193105,172 | 76% | 70% | |
| 2029 | 15.495 | 208600,4306 | 80% | 70% | |
| 2030 | 16.270 | 224870,4521 | 84% | 70% | |
| 2031 | 17.084 | 241952,9747 | 88% | 70% | |
| 2032 | 17.938 | 259891,6734 | 92% | 70% | |
| 2033 | 18.833 | 278726,2571 | 96% | 70% | |
| 2034 | 19.776 | 298502,57 | 100% | 70% | |
| 2035 | 20.765 | 319267,6934 | 100% | 70% | |
| 2036 | 0 | 319267,6934 | 100% | 70% | |

Figura 6. Datos ingresados en el modelo

En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos en el modelo.

En la figura 7 se muestra la tendencia de la proyección y recuperación estimada de biogás según el modelo aplicado.

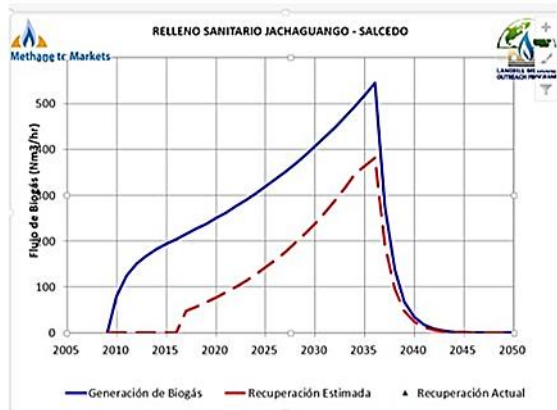


Figura 7. Proyección de generación y recuperación de biogás en el relleno sanitario en el Cantón Salcedo

De los resultados obtenidos en el modelamiento muestra que en la actualidad existe una producción de 3.2 m³/min de biogás, frente al 0.8m³/min que se captó. Este valor muestra que se tiene un buen potencial al momento, y comparando con el valor extraído, existe una gran diferencia con lo que se ha logrado captar con el sistema de extracción implementado.

El máximo valor de recuperación de biogás que el modelo muestra es de 70% implementados pozos de captación y sistemas de extracción para obtener la mayor eficiencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera propuesta térmica sostenible La primera propuesta para la utilización del biogás en el relleno sanitario del cantón Salcedo, es la utilización de una planta de evaporación de lixiviados en el vertedero. Con las pruebas realizadas en campo y según datos de los operadores del relleno, se determinó que existe un caudal de producción de lixiviados de 90 l/h en temporada de lluvia y en temporada seca un promedio de 60 l/h. Considerando que el relleno sanitario es relativamente nuevo y está sometido a constante crecimiento se ha considerado un equipo capaz de evaporar hasta 150 l/h de lixiviados en una instalación de funcionamiento automático con un consumo promedio de biogás para este caudal de 95m³ diarios.

Según los datos obtenidos en cuanto a las mediciones fue de 116 m³ diarios de biogás por lo tanto suplir la demanda de combustible para esta aplicación. La instalación se proyecta para una vida útil de más de 25 años, con el mantenimiento adecuado. La información que se va a detallar sobre las características de los equipos de evaporación y particularidades generales han sido proporcionadas por (Emison, 2016), empresa española con varios años de experiencia en aplicaciones para uso de biogás.

Evaporador tipo flash

En base a las consideraciones arriba descritas se ha seleccionado un evaporador tipo flash, todas sus características en cuanto a diseño son responsabilidad de su fabricante. Su principio de funcionamiento se basa en la evaporación del líquido (lixiviado) mediante el uso de una fuente de calor, en este caso se utiliza el calor generado por un quemador a biogás. Para ello se introduce el líquido a presión mediante una boquilla pulverizadora en una cámara calentada de las dimensiones adecuadas. El fluido se evapora de forma instantánea saliendo en forma de vapor por la chimenea y los sólidos son retenidos en el fondo del evaporador, de donde se extraen manualmente. Los componentes orgánicos son quemados por la temperatura del evaporador y los productos de la combustión son extraídos por la corriente gaseosa. En la figura 8 a y b, se muestra una imagen del evaporador sugerido.

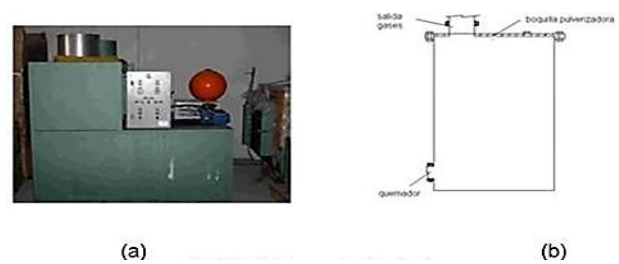


Figura 8. Evaporación tipo flash

| Características del evaporador de lixiviados | | |
|--|---|-----------------------------|
| Evaporador | Caudal: | Hasta 150 l/h de lixiviados |
| | Diámetro | 0,6 m |
| | Altura | 1 m |
| | Temperatura en el interior del evaporador | 270 °C |
| | Tiempo de residencia del gas | 15 s |
| | Presión de trabajo | 1 atm |
| | Pulverizador axial | De cono lleno |
| | Material | Acero inoxidable |
| | Ángulo de spray | 90° |
| | Presión de trabajo | 2 bar |
| Diámetro del cono de dispersión | H=0,5m ; 560mm | |
| Bomba de agua | Material | Acero Inoxidable |
| | Caudal a bombear | 2 l/min |
| | Presión de trabajo | 2 bar |
| Quegador | Calor producido | 112.000 kcal/h |
| | Diámetro máximo de llama | 100 mm |
| | Longitud de la llama | 350 mm |

Fuente: (Emison, 2016)

Tabla 4. Características del evaporador de lixiviados

Segunda propuesta sustentable

La segunda opción planteada para el aprovechamiento sostenible del biogás, es su utilización en un sistema de

generación que serviría como fuente de alimentación eléctrica para iluminar el sitio de disposición final.

El equipo seleccionado modelo 10GF-ZC, tiene un consumo promedio de biogás según el fabricante de 0.56 m³/kW.h, con este dato se aduce que el consumo para generar 10 kW.h sería de 5.6 m³, y para generar la misma potencia durante 12 horas nocturnas se necesitaría una producción de 67 m³ de biogás. Para el flujo que se obtuvo en la medición se podría generar hasta 17 kW por 12 horas al día, la propuesta está en base a un generador de 10 kW con su respectivo sistema de tratamiento ya que se pretende utilizar para la iluminación del sitio de disposición final, y con esa capacidad es suficiente, pero se deja libre la elección de un generador de mayor capacidad si los costos de los equipos justifican la implementación.

Sistema de generación

El sistema de generación propuesto, está basado en la utilización de un generador de 10 kW de potencia efectiva, las características se muestran en la tabla 5

| 10 kW Generador a Biogás | | |
|--------------------------------------|---|---|
| Modelo | 10GF-ZC | |
| Método de conexión | tres fases, 4 cables | |
| Tipo de combustible | Biogás | |
| Panel de control | Tipo teclado | |
| Potencia Nominal (kW) | 10 | |
| Corriente Nominal (A) | 18 | |
| Voltaje Nominal (V) | 400/230 | |
| Frecuencia Nominal (Hz) | 50/60 | |
| Factor de potencia | 0,8 | |
| Método de ajuste de voltaje | AVR | |
| Clase de aislamiento | F | |
| Motor | Modelo | 465F |
| | Tipo | 4 Tiempo, enfriado con agua, Sistema de control electrónico |
| | Cilindros * Diámetro (mm) | 4 * 65.5 |
| | Desplazamiento (L) | 1.05 |
| | Consumo de combustible (m ³ /kW.h) | 0.56 |
| | Radio Compresión | 11.5:1 |
| | RPM | 3000 |
| | Módulo de velocidad | Governor electrónico |
| Método de arranque | Encendido electrónico | |
| Tamaño (Largo*alto*Profundidad) (mm) | 1120*720*680 | |
| Peso Neto (Kg) | 260 | |

Fuente: (Mola, 2015)

Tabla 5. Características del motor-generador propuesto

Por tal razón en la propuesta está contemplado la utilización de una planta de tratamiento de biogás capaz de tratar hasta 150 m³ por día, la cual está compuesta por elementos que se muestran en la tabla 6.




| PLANTA DE TRATAMIENTO DE BIOGÁS | | | |
|---|--|---|---|
| Modelo | Descripción | Imagen | Especificaciones |
| MB-50CB | Bolsa tipo PVC 1.2mm |  | Capacidad: 50 m ³ Dimensiones: 6*3.3*2.5m |
| Desulfurizador y deshidratador tanque de 100 kg | Equipo para interiores de acero inoxidable, Diámetro 400mm, alto 1500 mm |  | Peso: 80 Kg |
| MA-180W | Bomba eléctrica |  | Potencia Nominal: 180W Voltaje: 220V/380V/60Hz Máxima presión: 9Kpa Salida 18m ³ /h |
| - | Manguera Reforzada |  | Material PVC Diámetro: 11,5mm Espesor: 1,6mm |
| - | Manguera Sencilla |  | Material PVC Diámetro: 11mm |
| - | Conectores resistentes a la corrosión |  | Diferentes medidas |

Tabla 6. Elementos para el sistema de tratamiento de biogás

Como requerimiento principal para el funcionamiento del generador es que debe tener al menos un 40% de metano CH₄, según el análisis cromatográfico el biogás que se produce en el relleno sanitario tiene en contenido mayor del 50% por lo tanto el biogás puede ser utilizado.

Selección de la mejor propuesta térmica sostenible Para la selección de la mejor propuesta térmica sostenible se van a considerar 3 aspectos que pueden ayudar a escoger la mejor opción

- Económica

Para evaluar cual proyecto es más factible, se considerará únicamente el costo de la tecnología que pudiese ser implementada, ya que al no tratarse de un diseño completo no se consideran los costos de obra civil, montaje de equipos, mantenimientos y demás gastos que incurren a la hora de construir y poner en marcha un proyecto.

Como se ha detallado en cada propuesta planteada, el costo de los equipos para la planta de evaporación de lixiviados es de 13900 USD, mientras que para el sistema de generación es de 17751.9 USD. Se ha realizado una comparación con equipos de características de similares. En el caso del evaporador de lixiviados con una caldera a diésel con una producción de 345 lb/h de vapor con un consumo de 2 gal/h de diésel. En la tabla 7 se puede observar los resultados.

| Evaporador de lixiviados 24 Horas de trabajo | | |
|--|-------------------------|----------------------|
| | Evaporador Biogás (USD) | Caldera diesel (USD) |
| Costo de combustible m ³ / Gal | 0 | 1.037 |
| Consumo de combustible día | 95 m ³ | 48 gal |
| Costo combustible diario | 0 | 49,77 |
| Procura de materiales | 13.900 | 7,500 |
| Diferencia procura de materiales | 6.400 Usd | |
| Tiempo para alcanzar Inversión propuesta | 4.28 meses | |

Tabla 7. Comparación evaporadora de biogás vs caldera a diésel

Para hacer la comparación en el caso del sistema de generación, se la ha realizado con el costo del kW/h que factura la empresa eléctrica. Los resultados se los muestra en la tabla 8.

| Generación Eléctrica 10 kW por 12 horas de trabajo | | |
|--|----------------------|-----------------------|
| | Generador Biogás USD | Empresa eléctrica USD |
| Costo kW/h | 0 | 0.091 |
| Costo 10kW/h | 0 | 0.91 |
| Costo diario 12 horas | 0 | 10.92 |
| Procura de materiales | 17,751.9 | 6,221 |
| Diferencia procura de materiales | 11530.9 Usd | |
| Tiempo para alcanzar Inversión propuesta | 2.89 Años | |

Tabla 8. Comparación generadora de biogás vs tarifa empresa eléctrica

En ambos proyectos sugeridos, el costo de la procura de materiales (Inversión de equipos) se vuelve complejo hacer un análisis ya que en la actualidad no existe ningún egreso por manejo de lixiviados o energía eléctrica en el sitio de disposición final. De tal forma que los dos proyectos se convierten en inversiones sin recuperación de capital. Según lo comprado la opción del evaporador de lixiviados es la alternativa más viable económicamente.

- Medioambiental

Al implementar la planta de evaporación de lixiviados, se está evitando el recircular estos líquidos al sitio de disposición final, con ello se reduce la contaminación por posibles fugas en los ductos pudiendo contaminar las aguas superficiales como subterráneas de las cuales se abastece el cantón tanto para el consumo humano como para el regadío; produce malos olores que pueden ser perjudiciales para el personal que labora en el lugar así como para la población que habita cerca del relleno, en este punto esta aplicación es más amigable en cuanto a cuidar el medio ambiente ya que al aplicar el proyecto de generación únicamente se brinda un mejor confort para el personal que labora en la noche en el lugar.

- Social

Al utilizar el biogás en un proyecto térmico sostenible, ayuda al desarrollo social ya que es un recurso que no está siendo utilizado y al darle una aplicación brinda una mejora al sitio en donde se está produciendo, además para el GAD Municipal del Cantón Salcedo en responsabilidad con el pueblo y la mejora continua impulsa este tipo de investigaciones. Es decir, ambas aplicaciones a pequeña escala contribuyen al desarrollo, pero si se piensa en un sistema de generación mucho más grande los habitantes que viven cerca del relleno podrían recibir energía más barata con su implementación, pero con una inversión inicial mucho mayor.

En la tabla 9 se muestra el análisis realizado.

| | Propuesta | |
|----------------|-----------------|------------------|
| | P.E. Lixiviados | Sist. Generación |
| Económico | x | |
| Medioambiental | x | |
| Social | x | x |

Tabla 9. Análisis de las propuestas

Con el análisis realizado en cuanto a los tres aspectos mencionados, se puede decir, que la propuesta térmica sostenible más adecuada es la implementación de una planta de evaporación de lixiviados.

CONCLUSIONES

Se obtuvo la caracterización de los residuos que ingresan al sitio de disposición final con un 58.66% de materia orgánica, punto de partida importante para el desarrollo de la investigación, ya que con esta información se pudo predecir que si existía un gran potencial de metano.

Con el sistema de extracción implementado se captó en promedio diario 4100 SCF (116 m³) de biogás. en base a este valor se pudieron plantear dos propuestas térmicas sostenibles que pueden ser aplicadas para darle un uso a este importante recurso que no está siendo aprovechado.

Con las cromatografías realizadas al biogás, se comprobó el alto concentrado de gas metano existente que fue en promedio 53% con un poder calorífico promedio de 515 BTU/ft³, con lo cual su uso para generación eléctrica es aplicable.

Al realizar el modelamiento nos indica que existe una producción actual de 4608 m³/día frente a 116 m³/día que se captó, estos valores están acorde al sistema de captación implementado ya que no existen pozos dedicados para la captación del recurso.

Con el valor obtenido en las mediciones se propuso dos aplicaciones importantes para el uso del biogás producido, la primera su uso en un evaporador de lixiviados con capacidad de 150 l/h y la segunda un sistema de generación

de 10kW, realizando un análisis se determinó que la aplicación más adecuada es el evaporador de lixiviados.

En la actualidad existe un gran potencial de biogás en el relleno sanitario del cantón Salcedo, sin embargo, este valor incrementará mucho más en el futuro ya que apenas se está iniciando la segunda etapa de captación de residuos y crece aceleradamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camargo, Y., & Velez, A. (25 de septiembre de 2009). Emisiones de biogás producidas en Rellenos Sanitarios. Barranquilla, Colombia.
- Emerson-Process. (mayo de 2013). www.emersonprocess.com. Recuperado el 26 de NOVIEMBRE de 2015, de <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20rosemount%20documents/00813-0109-4004.pdf>
- Emison. (15 de enero de 2016). Empresa distribuidora de equipos de biogás Emison. Barcelona, España.
- EPA. (05 de febrero de 2009). Environment Protection Agency. Recuperado el 10 de marzo de 2015, de <http://www.epa.gov/lmop/international/ecuador.html>
- EPA. (enero de 2009). Modelo Biogás Ecuador Versión 1.1. Quito, Pichincha, Ecuador.
- GAD_MUNICIPAL_SALCEDO. (15 de diciembre de 2015). Control diario de residuos solidos. Salcedo, Cotopaxi, Ecuador.
- GAD-Municipal-Cantón-Salcedo. (14 de mayo de 2015). Salcedo, Cotopaxi, Ecuador.
- Guerrero, A., Gerardo, V., & Gallegos, D. (agosto de 2010). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado el 16 de marzo de 2015, de Red Repositorio de acceso abierto del Ecuador: http://raae.org.ec/Record/0003_d30c7a0022ba9af8bc4f4de7eb7040f5.pdf
- Mola, C. (15 de diciembre de 2015). Chongqing_Mola_Technology_Co_Ltd. Chongqing, China.
- Sylvania. (17 de febrero de 2016). www.sylvania.com.ec. Obtenido de <http://www.sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2015/05/Cata%CC%81logo-HavellsSylvania-2014-2015.pdf>