



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

IPSE

Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA A PARTIR DEL BIOGÁS DEL RELLENO SANITARIO ANTANAS DEL MUNICIPIO DE PASTO



pers
Nariño

Plan de Energización Rural Sostenible



ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA A PARTIR DEL BIOGÁS DEL RELLENO SANITARIO ANTANAS DEL MUNICIPIO DE PASTO

COORDINADOR Y FORMULADOR:

David Salcedo Castillo

Ing. Electricista, Esp. Administración de Empresas Constructoras

ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN:

John Fredy Castillo

Andrés Felipe Orozco

COLABORADORES:

Diana Mesías

Ing. Sanitaria y Ambiental

Álvaro León Ibarra

Ing. Mecánico

Renato Pantoja

Ing. Químico

Carlos Nastar

Ing. Eléctrico

Alejandro Romero

Ing. Civil

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PERS-Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

UPME

USAID

IPSE

San Juan de Pasto – Nariño

Colombia

2014

1. FICHA DEL PROYECTO

Título del proyecto:	Estudio de prefactibilidad de generación de energía eléctrica A partir del biogás del relleno sanitario del municipio de pasto	
Entidad formuladora:	Universidad de Nariño, Departamento de Electrónica, dentro de los objetivos y alcance del PERS (Plan de Energización Rural Sostenible para el departamento de Nariño).	
Entidad beneficiaria:	Municipio de Pasto, Vereda la Josefina	
Entidad ejecutora:	Universidad de Nariño, Departamento de Electrónica, dentro de los objetivos y alcance del PERS.	
Otras instituciones participantes:	UPME, IPSE, TETRA TECH, GOBERNACION DE NARIÑO, ASC INGENIERIA SA ESP.	
Duración del proyecto (meses):	3	
Costo total del proyecto:	290.000.000	
Monto solicitado:	290.000.000	
Monto total de la contrapartida:	0	
Contrapartida de la entidad beneficiaria:	En efectivo: 0	En especie: 0
Lugar de ejecución del proyecto:	Ciudad: Pasto	Departamento: Nariño
Persona responsable del proyecto:	Empresa/institución: Univ. De Nariño – Departamento de Electrónica – PERS	Cargo:

2. RESUMEN DEL PROYECTO

Este estudio de Prefactibilidad está centrado en la posibilidad de generación de energía eléctrica utilizando el biogás producido por la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos en el Relleno Sanitario Antanas (RSA) ubicado en el municipio de Pasto, Colombia. La Dirección Técnica del proyecto “Plan de Energización Rural Sostenible” (PERS NARIÑO) solicitó la realización de este informe, como una de sus investigaciones entregables ante la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el programa de energías limpias para Colombia (CCEP) de USAID por medio de la empresa TETRA TECH y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE); entidades promotoras y aliadas del proyecto PERS ejecutado por el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Nariño.

El objetivo del proyecto es plantear la implementación de un generador (planta compuesta por motor de combustión interna), utilizando parte del sistema de extracción de Biogás existente, la cual actualmente no se encuentra en uso por motivos jurídicos y administrativos. Se espera que la energía generada abastezca la demanda propia del RSA y que los excedentes de energía se puedan vender en bloque mediante contratos de largo plazo a una empresa Comercializadora de energía eléctrica de la región, de tal manera que el proyecto ocasione la implementación de un fondo comunitario para promoción de proyectos productivos en la Vereda la Josefina como población rural beneficiada.

El problema identificado consiste específicamente en que la energía presente en el poder calorífico del Metano, se está desperdiciando, pues en la actualidad simplemente se realiza combustión pasiva a cierto porcentaje del Biogás que se está produciendo en el relleno.

Se considera que las soluciones a este problema, que además se convertirían en opciones de ingresos para el proyecto serían:

- **Generación de energía eléctrica:** Aprovechando el poder calorífico del Metano presente en el Biogás como combustible para poner en funcionamiento un generador, que, con las proyecciones actuales del RSA (ver anexo 5) podría tener inicialmente una capacidad instalada de 740 kW y llegar hasta los 1500 kW (1.5 MW), si se logra interconectar el sistema de extracción de Biogás generado en los vasos II y III en iguales periodos de tiempo, aunque estos no sean muy prolongados. Queda abierta la posibilidad de incrementar ingresos por generación de energía eléctrica y aprovechamiento térmico mediante la adaptación de un sistema de cogeneración aprovechando la alta temperatura de los gases emanados por la combustión.
- **Certificados de Reducción de Emisiones:** en un futuro, si las condiciones para venta de Certificados de Reducción de Emisiones de gases de Efecto Invernadero (GEI) mejoran, se podrían obtener ingresos adicionales por la reducción de las emisiones ocasionadas por la combustión del Metano. En este caso, la composición del biogás tiene un promedio de

43.7% de metano, cuya quema fue la visión inicial del esquema de negocio implementado en 2009 por la empresa franco- chilena BIONERSIS SA. En el caso de montarse el sistema de generación, la obtención de certificados de reducción de emisión se convertiría en una actividad alterna o secundaria. Es importante considerar que los beneficios ambientales del proyecto son notables, pues, el Metano es 21 veces más contaminante que el CO₂.

Con respecto a la información general del proyecto, se resume de la siguiente manera:

- El Relleno Sanitario Antanas se empezó a proyectar para dos nuevos vasos a partir del año 2005 y es el sitio de disposición de residuos sólidos del Municipio de Pasto, que tiene una población de aproximadamente 417.484 habitantes proyectada para junio 30 de 2011 con Base en el Censo General de 2005 según el DANE. El vaso I ya se encuentra fuera de operación, la proyección de los vasos II y III es hasta el año 2037, y su capacidad final de disposición es de aproximadamente 2,6 a 3.1 millones de metros cúbicos.
- El relleno sanitario tiene una extensión de 25 hectáreas disponibles para operación de disposición de los residuos, con una altura de almacenamiento de 18 m, 4 capas cada una de 4.5 m, un volumen promedio diario de hasta 250 toneladas, de acuerdo a registros obtenidos y las proyecciones del documento PGIRS PASTO 2007- 2022. Todo el terreno pertenece al Municipio de Pasto y actualmente es operado por la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS PASTO SA ESP.
- En el informe se encuentran registros históricos de disposición de residuos, caracterización, densidad y años de operación. La disposición futura se estima a partir de los registros obtenidos y las proyecciones del documento PGIRS PASTO 2007 – 2022.
- De acuerdo a registros y cálculos estadísticos obtenidos del proceso de extracción de biogás, se proyecta que para el año 2014 el flujo promedio sería de 446 metros cúbicos por hora. En un escenario optimista y con la ampliación de la interconexión de pozos del sistema de extracción de los vasos II y III, podría aumentar a 770 metros cúbicos por hora, pues existen registros de esta cantidad en producción alta (ver anexo 5).
- La demanda actual de energía del Relleno Sanitario Antanas es de aproximadamente 20.348. kWh/mes, mientras que el consumo de la planta de extracción de Biogás es en promedio 7.500. kWh/mes. Los 35 usuarios de la Vereda La Josefina consumen en promedio 5.000. kWh/mes y la proyección estimada de ampliación de carga es de 15.000. kWh/mes teniendo en cuenta las necesidades futuras del proceso de disposición de residuos en el RSA y del proceso de generación de energía como tal. (información entregada por la empresa comercializadora de energía ASC INGENIERIA SA ESP)

- Es importante mencionar que la energía generada no podrá ser entregada como flujo energético permanente a la población de la Vereda la Josefina, pues dada la estructuración del mercado energético colombiano, quien suministra la energía a usuarios finales es el Agente Comercializador. Igualmente, los usuarios finales reciben atención referente a expansión y mantenimiento de las redes por parte del Agente Distribuidor (Operador de red) y el usuario final paga como contraprestación por estos y otros servicios en su factura mensual de energía. Así, solamente como un sistema de respaldo en caso de suspensión del servicio, por medio de transferencias manuales o automáticas, se podría energizar la Vereda al sistema de generación del RSA. La regulación derivada de las leyes 142 /1994 (Ley de Servicios Públicos Domiciliarios) y ley 143 /1994 (Ley eléctrica) y sus decretos complementarios, define claramente las funciones de los agentes participantes en el Mercado de Energía Mayorista, Generador, Comercializador, Transportador y Distribuidor (Operador de red). Con base en esta normatividad un agente comercializador es el que puede brindarle energía permanente a los usuarios de la vereda, en este escenario, si se pretendiera llegar a este objetivo, sería obligatorio convertirse en agente comercializador o hacerlo por medio de uno ya existente en la región.
- Los ingresos mensuales esperados por ventas de energía mediante un contrato de representación con un Agente Comercializador, están alrededor de los 67 millones de pesos, de los cuales, sin ningún tipo de deuda o financiamiento adquirido, aproximadamente 35 millones serían utilidades mensuales netas. En caso de adquirir financiación del 50% del valor del proyecto las utilidades netas después del cumplimiento de la deuda serían de 9 millones de pesos. Este panorama genera confianza inversionista y la posibilidad de implementar el Fondo Comunitario para apoyo a proyectos productivos de la Vereda La Josefina, principal comunidad rural beneficiada (ver tabla 35, simulación financiera de alternativas).

3. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA

4.1. Nombre de la alternativa

Desarrollo de investigación detallada conducente a formular un proyecto en fase II y III, que permita evaluar y justificar la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el Biogás del relleno sanitario del municipio de Pasto.

4.2. Resumen de la Alternativa

La implementación de un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el biogás de relleno sanitario, es una alternativa que ya en Colombia se ha implementado como es el caso del relleno sanitario Doña Juana en la ciudad de Bogotá.

Este sistema de generación de energía renovable no convencional para el caso del municipio de Pasto se piensa en el Relleno Sanitario Antanas (RSA), pues, el terreno donde se hace la disposición y tratamiento de los residuos sólidos de Pasto y de otros municipios aledaños, la operación del RSA la realiza la empresa EMAS PASTO SA ESP.

El sistema de generación estaría constituido inicialmente por el sistema de extracción y combustión de biogás instalado en el RSA desde 2009 y que operó hasta finales de 2013, esta infraestructura tuvo un periodo de operación además de eficiente, muy corto, lo cual brinda la certeza de que los equipos instalados tiene aún un periodo de vida útil de aproximadamente 20 años bajo condiciones normales de mantenimiento. Aprovechar esta planta, disminuye considerablemente los costos de inversión del proyecto, incidiendo de manera positiva en su viabilidad (la inversión en esta PLANTA DE EXTRACCIÓN Y COMBUSTIÓN costo aproximadamente US 1.000.000).

La capacidad de la planta de extracción y combustión de biogás es para un caudal de biogás de 600 metros cúbicos por hora, que se ajusta a la capacidad estimada de generación, ya que se determinó que el caudal de biogás promedio es de 446 metros cúbicos por hora, a partir del cual se determina la capacidad del generados, no obstante, este flujo aumentará en los años siguientes cuando entre en operación el Vaso II, inclusive se puede presentar un periodo de obtención de gas de manera simultánea en los vasos I y II.

A este sistema, es necesario incorporarle un proceso de limpieza y descontaminación del biogás, ya que, la información secundaria analizada asegurará que el biogás de relleno sanitario tiene un porcentaje importante de siloxanos, el cual, tiende a depositarse en los pistones del generador ocasionando daños graves en el mismo, esta recomendación la efectuaron igualmente ingenieros de las empresas multinacionales que proveen los generadores, de tal manera que se hace indispensable acoplar al sistema de extracción el proceso de lavado y descontaminación.

Una vez el biogás se encuentre libre de los componentes dañinos, se procede a inyectarlo como combustible al generador eléctrico, el cual tiene un motor cuya eficiencia eléctrica es de 36.1%, que es con la cual se realizaron cálculos de estimación de generación de energía.

De acuerdo a las proyecciones de biogás disponible la capacidad del generador seleccionado es de 1000 kW (1,0 MW), el cual, a la altura de Pasto entregaría 800 kW. A partir de esta capacidad de generación, se determinó que las cantidades de energía generadas mensualmente, están muy por encima de la demanda actual y proyectada del relleno sanitario, con lo que se obtendrían excedentes energéticos interesantes que se pueden tranzar en el mercado de energía Mayorista mediante un Contrato de Representación con una empresa Comercializadora de energía de la región, la cual, ha manifestado mediante carta de intención su interés en comprar toda la energía generada durante el horizonte del proyecto, el cual es de 24 años a partir de este año. Este panorama ocasionada un positivo ambiente inversionista y augura un proyecto sostenible, pues, el periodo de recuperación de la inversión es de 6,07 años, ocasionando utilidades mensuales durante el periodo de la deuda de aproximadamente \$35 millones, y de \$9 millones una vez pagada la deuda, lo anterior con un precio promedio de venta del kilovatio hora de \$ 133. El formato de contrato a largo plazo a registrarse en el Mercado de Energía Mayorista ante el Administrador XM SA ESP, sería bajo la modalidad PAGUE LO CONTRATADO.

El esquema de negocio propuesto consistiría en una alianza público privada en la que podrían participar: EMAS PASTO SA ESP en su calidad de Operador del RSA, ASC INGENIERIA SA ESP en su calidad de empresa comercializadora de energía eléctrica que actualmente presta el servicio en el RSA, EL MUNICIPIO DE PASTO como propietaria del terreno y entidad territorial directamente beneficiada, la comunidad de la VEREDA LA JOSEFINA como población rural beneficiada con la implementación de un fondo de apoyo para proyectos productivos subsidiado con un porcentaje de las utilidades esperadas por el proyecto, la UNIVERSIDAD DE NARIÑO en su calidad de entidad gestora de conocimiento, formuladora y asesora de proyectos productivos.

4.3. Objetivos

4.3.1. Objetivo General

Evaluar técnica, económica y ambientalmente la implementación de un proyecto de generación de energía eléctrica que aproveche el Biogás como combustible para su funcionamiento, en el relleno sanitario del municipio de Pasto.

4.3.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar el potencial energético del relleno sanitario para generación de energía eléctrica y justificar la recuperación y puesta en marcha de la planta de extracción de Biogas del relleno sanitario del municipio de Pasto.

- Estimar los elementos necesarios para las adecuaciones requeridas en los procesos de tratamiento del biogás, así como en los de generación de energía.
- Estimar los costos generales de Inversión, Administración, Operación y Mantenimiento del sistema de generación de energía propuesto.
- Analizar la viabilidad técnica y económica del proyecto de generación y su esquema de sostenibilidad en la comunidad de veredas rurales aledañas al relleno.

4.4. Impactos Esperados

Impacto ambientales y de la sociedad	Indicador verificable
Reducción de las emisiones de Ch4	Toneladas de metano anuales
Mejores condiciones operativas del manejo del biogás en el relleno sanitario	Caudal de biogás (m3)
Afecciones humanas	Disminución de la Ausencia laboral
Mejores condiciones operativas del manejo del biogás en el relleno sanitario	Caudal de biogás (m3)
Aprovechamiento del poder calorífico de los residuos sólidos	Capacidad instalada
Beneficios de grupos de interés	Proyectos productivos generados. Utilidades del proyecto Reducción de costos energéticos en procesos operativos del relleno

Impactos sobre la productividad y competitividad de la entidad	Indicador verificable
Empleo generado	Número de personas contratadas para la ejecución del proyecto.
Desarrollo tecnológico de proveedores	Capacidad de energía generada con alternativa.
Afecciones humanas	Ausencia laboral
Mejores condiciones operativas del manejo del biogás en el relleno sanitario	Caudal de biogás (m3)
Aprovechamiento del poder calorífico de los residuos sólidos	Capacidad instalada
Beneficios de grupos de interés	Proyectos productivos generados. Utilidades del proyecto

• Impactos científicos y tecnológicos del proyecto en las entidades participantes:	Indicador verificable
Formación de nuevos investigadores	Número de proyectos de tesis que se enfoquen en el tema de proyecto
Viabilidad del modelo de generación de energía eléctrica a partir del biogás.	Documento de investigación.

Tabla.1. Impactos esperados

**Plan de Energización Rural Sostenible para el
Departamento de Nariño
(PERS-NARIÑO)**

Convenio Interinstitucional 110 de 2012

Universidad de Nariño

José Edmundo Calvache
RECTOR

Andrés Pantoja
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Darío Fajardo
COORDINADOR ADMINISTRATIVO PERS

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)

Ángela Cadena
DIRECTORA GENERAL

Olga Leandra Rey
COORDINADORA TÉCNICA PERS

Brenda Roncancio
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**USAID, Programa de Energías Limpias para
Colombia (CCEP)**

José Eddy Torres
DIRECTOR GENERAL
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Catalina Álvarez
SUBDIRECTORA
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**Instituto de Planificación y Promoción de
Soluciones Energéticas para las Zonas no
Interconectadas (IPSE)**

Carlos Neira
DIRECTOR

Jairo Quintero
COORDINADOR TÉCNICO PERS

