

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
23 y 24 de Junio 2022

Estimación del potencial bioenergético de residuos agrícolas para la generación eléctrica por medio de gasificación

Samudio, Pedro ^(1,3); Navarro, Luís ^(2,3); Estigarribia, Hugo ⁽²⁾; Gulino, Santiago ⁽⁴⁾

Facultad de Ingeniería, UNA (1); Facultad Politécnica, UNA (2); Administración Nacional de Electricidad, ANDE (3); Universidad del Cono Sur de las Américas, UCSA (4)

Paraguay

Resumen

Paraguay es un país de gran producción agrícola y de abundantes residuos agrícolas. Una vez transformados debidamente, estos residuos agrícolas son, potencialmente, una fuente alternativa para obtención de energía térmica y eléctrica.

Este trabajo presenta la transformación de residuos agrícolas y que consiste en la conversión termoquímica y gasificación de los mismos para la utilización del gas obtenido como insumo para la generación de energía eléctrica. Para el efecto, se localiza y cuantifica la materia prima utilizando herramientas GIS (Sistemas de Información Geográfica), de manera a estimar el potencial de generación eléctrica/térmica, en puntos geográficos específicos. Como prueba de concepto y de la metodología utilizada, se presenta como caso de estudio el aprovechamiento de los desperdicios agrícolas de la empresa INPASA - Industria Paraguaya de Alcoholes S.A, productora de etanol y azúcar, ubicada en la Ciudad de Nueva Esperanza, Departamento de Canindeyú, Paraguay. La tecnología a ser considerada en este trabajo es la gasificación del bagazo de la caña de azúcar donde se obtiene el gas de síntesis que, luego de un proceso de filtrado, alimenta a un motor de combustión interna, acoplado a un generador eléctrico.

Palabras claves

Biomasa; biomasa residual; bioenergía; bioelectricidad; gasificación; generación distribuida.

Motivación y objeto del trabajo

Del total de 4.200 MW de la energía eléctrica proveída por la Administración Nacional de Electricidad - ANDE para todo el territorio nacional, solamente el 0,01% proviene de la generación termo diesel, y todo lo restante es de fuente hídrica [1]. Podemos afirmar que, prácticamente el 100% de la energía eléctrica del Paraguay es de origen hídrico, a través de las hidroeléctricas Itaipú, Yacyretá y Acaray. Esta total dependencia hidrológica, y considerando la variación de caudal en los últimos años, hace inminente la búsqueda de fuentes alternativas para la obtención de energía eléctrica, a fin de contribuir con la seguridad energética del país.

El presente estudio expone el potencial de biomasa residual como una opción de energía alternativa para la generación de electricidad. Para este estudio fue considerado, de manera ilustrativa, únicamente el aprovechamiento del bagazo de la caña de azúcar, resaltando que esta metodología es aplicable a otros residuos agrícolas y para todo el territorio nacional.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
23 y 24 de Junio 2022

1. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE LA BIOMASA RESIDUAL

El presente caso de estudio se refiere a la posibilidad del aprovechamiento del bagazo de la caña de azúcar de la empresa INPASA - Industria Paraguaya de Alcoholes S.A [2], productora de etanol y azúcar y ubicada en la Ciudad de Nueva Esperanza, Departamento de Canindeyú, Paraguay. Todos los datos presentados están publicados en el sitio Web de esta empresa.

1.1 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA

La estimación de la cantidad del cultivo correspondiente a la caña de azúcar se realizó con un procedimiento de clasificación no supervisada, para lo cual se utilizaron imágenes de satélite Landsat 7 y 8, con una resolución espacial pancromática de 15 m. (Figura 1). Se utilizó el *software* QGIS [3], para proceder a su clasificación.

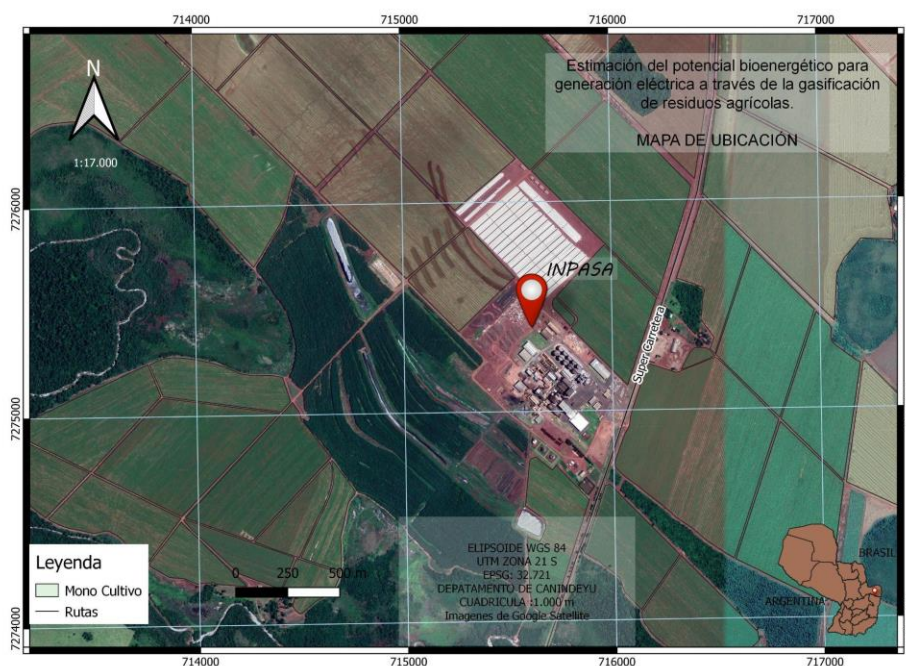


Figura 1: Ubicación de la planta procesadora de INPASA [3].

Luego de la clasificación se procedió a trazar los polígonos correspondientes a cada clase y agrupar los de la misma clase a fin de definir las áreas de cultivo y con imágenes de *Google Satellite* [2] se catalogaron todas las categorías encontradas. Así, el área de cultivo correspondiente a la de caña de azúcar, a la fecha del 25/04/2022, fue de 1.720 ha., lo que indica que ya fueron cultivadas el 24,5% de las 7.000 ha de cultivos propios.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ 23 y 24 de Junio 2022

2. PROCESO DE GASIFICACIÓN Y GENERACIÓN ELÉCTRICA

La gasificación es un proceso termoquímico de conversión energética que consiste en la combustión controlada, en términos de entrada de aire u otro comburente como oxígeno, agua, de la biomasa residual dentro del gasificador.

2.1 PROCESO TERMOQUÍMICO DE GASIFICACIÓN

Como resultado de la combustión, con temperaturas entre los 700 y 1100 °C, se produce una reacción termoquímica cuyo producto es un gas pobre, llamado gas de síntesis [5][6]. Como producto de esta combustión, se obtiene un gas compuesto por carbono, hidrógeno, alquitrán, sulfuros, etc., conforme indicado en la fórmula a continuación:



Este gas de síntesis posteriormente pasa por un sistema de filtrado o limpieza del gas, a fin de descartar impurezas, para finalmente alimentar motores a combustión interna que están acoplados a generadores eléctricos.

2.2 CÁLCULO DE ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA

En el año 2021, la cantidad procesada de caña de azúcar fue de 800.000 toneladas. Dado que por cada tonelada de caña de azúcar se obtienen 260 kg de residuos [6], por las 800.000 toneladas se generaron 208.000.000 kg de bagazo. Así, aprovechando el 80% de esta cantidad, su puede generar 42.640.000 kWh [6] de energía eléctrica, promedio mensual de 3.553 MWh (42.640.000 kWh/1000/12), lo que equivale a una producción mensual de 4,44 kWh (3.553.000 kWh /800.000 toneladas) por cada tonelada de caña de azúcar procesada.

Los parámetros considerados para las 208.000 toneladas de bagazo son: 1) poder calorífico superior (PCS) del bagazo igual a 16 MJ/kg; 2) humedad del 50%; 3) horas de operación 6.000 h/año (70% del año); y, 4) eficiencia del proceso del 12% (mantenimiento y limpieza de la planta). Con estos parámetros y utilizando la herramienta de cálculo presentada en CYTED [7] se obtienen como resultados: el poder calorífico inferior (PCI) 6.15 MJ/kg, la energía eléctrica 42.640.000 kWh/año (para una potencia instalada de 7.107 kW).

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
23 y 24 de Junio 2022

2.3 COSTOS DE GENERACIÓN

A modo de referencia, la Agencia Internacional de Energías Renovables - IRENA [8] publica un comparativo del costo mundial promedio de la generación de energía eléctrica de la bioenergía con la hidroeléctrica. Así, presenta promedios relacionados con costos de instalación (USD/kW), factor de capacidad de planta (%) y el costo nivelado de energía - LCOE (USD/kWh) (Figura 2). La bioenergía presenta LCOE de 0,076 USD/kWh, que corresponden a costos promedios de varias tecnologías aplicadas a la biomasa, pero no son específicamente de la gasificación aquí propuesta.

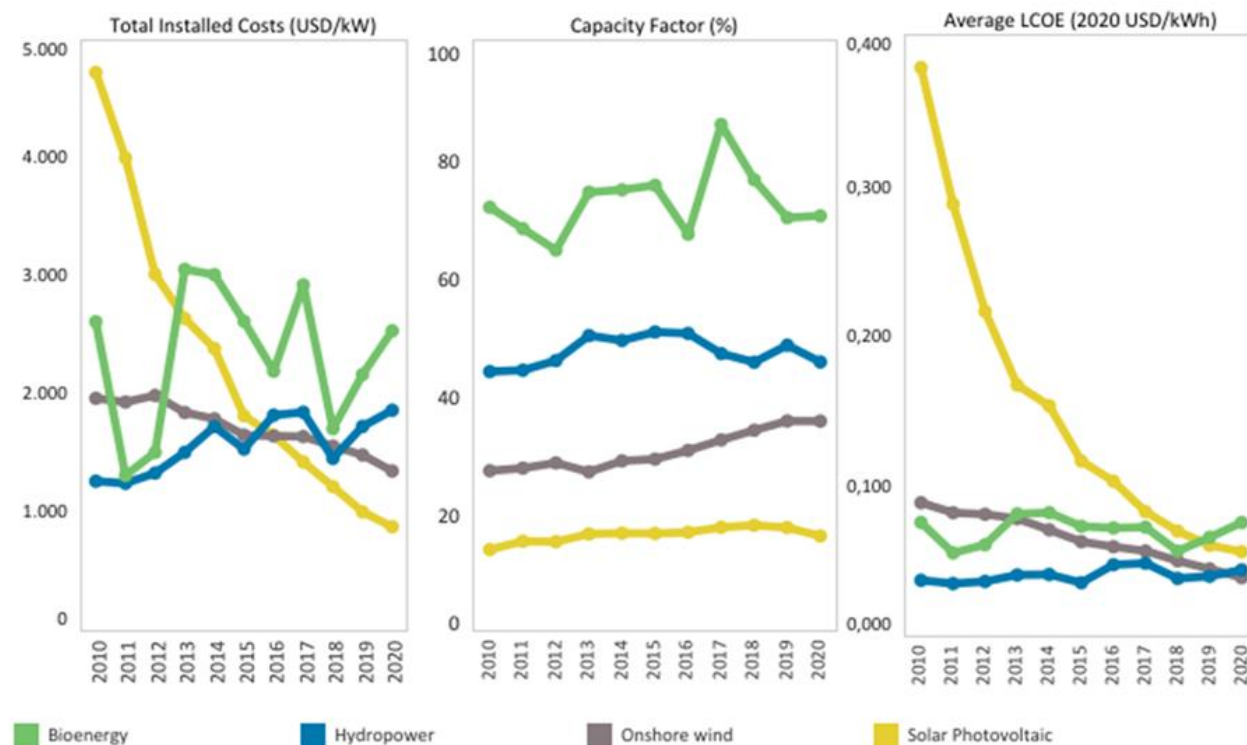


Figura 2: Comparativa de costos globales de instalación, factor de planta y LCOE (2010-2020) bioenergía, hidráulica, eólica y fotovoltaica.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
23 y 24 de Junio 2022

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cabe mencionar que IRENA, en la fuente bioenergía, incluye biogás, biofuel líquido y sólido y tratamiento de basuras, cuyas instalaciones y tecnologías utilizadas son heterogéneas y de costos diferenciados. A modo de puntualización, para la Figura 2, se muestra la variación comparativa de los precios globales, según fuentes de energía, mostrando que la disminución sostenida en la solar PV y en la eólica, mientras mantiene cierta regularidad para las fuentes hidráulica y bioenergía.

Para el presente caso se ha asignado costo cero al costo correspondiente a la logística de transporte de la biomasa ya que, usualmente, para la generación distribuida, el acarreo de la materia prima desde el punto de origen hasta el de procesamiento, en un radio de más de 30 km [9] ya representa un costo financiero a considerar. Finalmente, para la gasificación, para los efectos de eficiencia se consideraron los tiempos de mantenimiento y operación bastante bajos (12%) [7].

4. CONCLUSIONES

La metodología de análisis de fotografías satelitales y su procesamiento GIS es una manera de estimación simple y rápida para la cuantificar las áreas de monocultivos y evaluar su potencial de generación eléctrica. Así también, nos posibilita el monitoreo de los mismos, de forma a planificar la generación eléctrica.

Si bien, comparativamente, los costos de inversión a nivel global de la bioenergía y de la hídrica, muestran diferencias en el LCOE entre ambas fuentes, la bioenergía tiene una gran ventaja que es el muy bajo impacto ambiental si lo comparamos con la instalación de una PCH de igual potencia. Por otro lado, el LCOE para Paraguay es más elevado que los costos de IRENA ya que son costos promedios que incluyen toda la bioenergía y no solamente es para la gasificación [10].

Finalmente, este estudio de caso nos muestra cómo la aplicación del proceso termoquímico de gasificación se constituye en uno de los medios menos contaminantes, siendo una tecnología madura y que no requiere de grandes inversiones. Nos muestra la posibilidad de la utilización del bagazo de caña de azúcar, un residuo agrícola frecuentemente desperdiciado, para la generación de un bien preciado que es la energía eléctrica.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
23 y 24 de Junio 2022

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANDE (2021), Balance Anual, Administración Nacional de Electricidad.
- [2] Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto. Software QGIS, (2022, 1 de abril), <https://www.qgis.org>
- [3] INPASA del Paraguay S.A. Empresa INPASA del Paraguay S.A., (2022, 1 de abril), <https://www.inpasa.com.py/>
- [4] P. Basu, Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction, *Academic Press* (2013) Second Edition, p. 199-248.
- [5] V. S. Sikarwar, M. Zhao, Biomass Gasification, Elsevier Inc. (2017) *Encyclopedia of Sustainable Technologies* <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10533-0>
- [6] E. Hugot, Handbook of cane sugar engineering, *Elsevier Publishing Company Third Edition* (1986), New York, USA.
- [7] J. M. Rincón, J. A. Agresotti, CASO V. Formulación de una herramienta de cálculo para estimar la energía y el potencial de generación a partir de biomasa, CYTED (2021), *Sistemas de biomasa y bioenergía: casos ejemplares en Iberoamérica. Hacia la sustentabilidad bioenergética territorial*, p. 99-113.
- [8] IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2020 (2022, 1 de abril), *International Renewable Energy Agency*, Abu Dhabi <https://irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Global-Trends>
- [9] F. López-Rodríguez, J. García Sanz-Calcedo, F. Moral-García (2019), Spatial Analysis of Residual Biomass and Location of Future Storage Centers in the Southwest of Europe, *Energies*.
- [10] ANDE (2022), Pliego de Tarifas N° 21 ANDE - Decreto N° 6904 - 10/03/2017, Administración Nacional de Electricidad.