

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOCARBÓN MEDIANTE PIRÓLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Kevin F. García^a, Juan P. Flórez^a, y Yesid J. Rueda^a

^aUniversidad Industrial de Santander, Carrera 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia,
escime@uis.edu.co, <https://uis.edu.co/es/>

Palabras clave: Pirólisis, Biocarbón, residuos orgánicos, análisis exergético, modelado termoenergético.

Resumen: La gestión de residuos sólidos orgánicos enfrenta limitaciones por su disposición en rellenos sanitarios, generando impactos ambientales y desaprovechando su potencial energético. La pirólisis, como proceso de descomposición térmica en ausencia de oxígeno, surgió como una alternativa para valorizar estos residuos mediante la producción de Biocarbón. Este trabajo presenta el estudio experimental y computacional de un sistema de producción de Biocarbón, abordando el análisis de transferencia de calor y masa, la eficiencia termoenergética y su integración en un modelo de economía circular. Se caracterizó la biomasa mediante análisis próximo, evaluando humedad, volátiles y carbono fijo. Posteriormente, se realizaron análisis termogravimétricos (TGA) para identificar las temperaturas críticas de descomposición térmica y definir condiciones óptimas de pirólisis. Con esta información, se llevaron a cabo pruebas en un reactor tubular de lecho fijo, operando entre 200–350 °C y tiempos de residencia de 30–90 minutos. Las muestras resultantes fueron analizadas mediante ensayos próximo y elemental, evaluando su poder calorífico superior y los rendimientos de conversión de sólidos, líquidos y gases. Con base en los datos experimentales, se desarrolló en MATLAB un modelo termoenergético aplicando balances de energía (primera ley) y análisis exergético (segunda ley), permitiendo simular distintos escenarios operativos, identificar puntos críticos de consumo energético y explorar diferentes escalas de producción. Se propuso un sistema con capacidad de 1 tonelada/día, optimizado mediante algoritmos metaheurísticos. Conclusiones: el proyecto permitió establecer condiciones técnicas óptimas para la producción de biocarbón a partir de residuos orgánicos compostados, demostrando su potencial energético y su viabilidad operativa. El análisis económico realizado, basado en costos de capital y operación, permitió estimar indicadores financieros que respaldan la rentabilidad y factibilidad del sistema, posicionándolo como una solución tecnológica replicable en el contexto de la economía circular.

Agradecimientos: Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por el apoyo brindado a la movilidad, así como al Grupo de Investigación en Energía y Medio Ambiente (GIEMA). Extiendo mi gratitud a mi director y codirector por su orientación y valiosa ayuda durante este proceso.