

Simulación y Análisis Exergoeconómico de un sistema de trigeneración basado en biocombustibles a partir de bagazo de café

PROBLEMÁTICA

- Las industrias en Ecuador todavía utilizan sistemas no integrados basados en combustibles fósiles.
- El proceso convencional de café instantáneo genera aproximadamente el 40% de su materia prima como bagazo de café (subproductos y desechos sólidos) que se descartan en vertederos.
- Los biocombustibles obtenidos a partir de residuos industriales representan una fuente de energía renovable.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo del estudio es desarrollar una simulación de un sistema de trigeneración, basado en un ciclo de turbina de gas y una unidad enfriadora de absorción a partir de bagazo de café, y realizar un análisis exergoeconómico del sistema convencional no integrado y del sistema simulado de CCHP (generación combinada de calor, electricidad y frío).

METODOLOGÍA

- La Figura 1 muestra el sistema no integrado de una industria de café instantáneo para la producción de calor, electricidad y frío.
- La Figura 2 muestra el sistema propuesto de CCHP basado en cuatro escenarios: Fuel oil No.6, Gas natural, Biomasa y Syngas.
- La simulación del proceso propuesto se realizó en Aspen Plus V12.1.

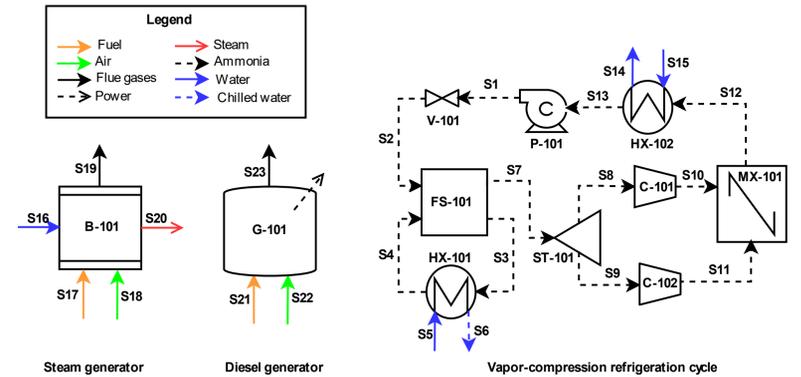


Figura 1. Sistema no integrado de una industria de café instantáneo.

- La formulación del modelo termodinámico se realizó en el software Engineering Equation Solver (EES).
- Las ecuaciones para el análisis se presentan en la Tabla 1.
- El análisis económico se realizó siguiendo la metodología del Total Revenue Requirement (Bejan et al., 1996).

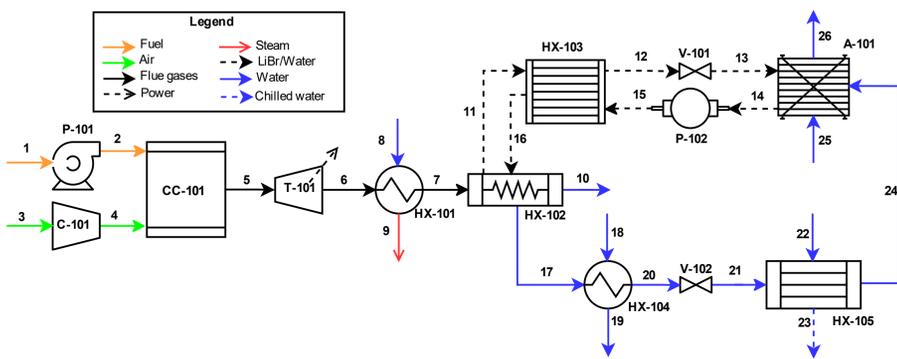


Figura 2. Sistema CCHP basado en biocombustibles a partir de bagazo de café.

Tabla 1. Ecuaciones utilizadas para el análisis exergoeconómico.

Análisis exergético	$\dot{E}_{D,k} = \dot{E}_{F,k} - \dot{E}_{P,k}$
Análisis económico	$\dot{Z}_k = \dot{Z}_k^{O\&M} + \dot{Z}_k^{CI}$
Análisis exergoeconómico	$\dot{C}_{F,k} + \dot{Z}_k = \dot{C}_{P,k}$
	$\dot{C}_{D,k} = c_{F,k} \dot{E}_{D,k}$

RESULTADOS

- La Figura 3 muestra que el sistema CCHP basado en biomasa y syngas tienen la mayor eficiencia exergética.
- La Figura 4 evidencia que las emisiones de CO₂ y SO₂ se han reducido en un 61.1% y un 85%, respectivamente, con el sistema de CCHP basado en biocombustibles.

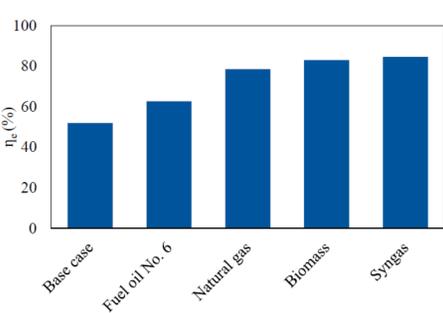


Figura 3. Eficiencia exergética del caso base y del sistema de CCHP utilizando diferentes combustibles.

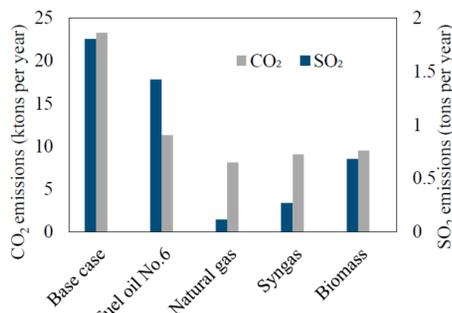


Figura 4. Emisiones de CO₂ y SO₂ del sistema de CCHP basado en diferentes combustibles.

- La Figura 5 muestra que la tasa de costos de destrucción exergética representa entre el 48.5% y el 78.5% del costo total.

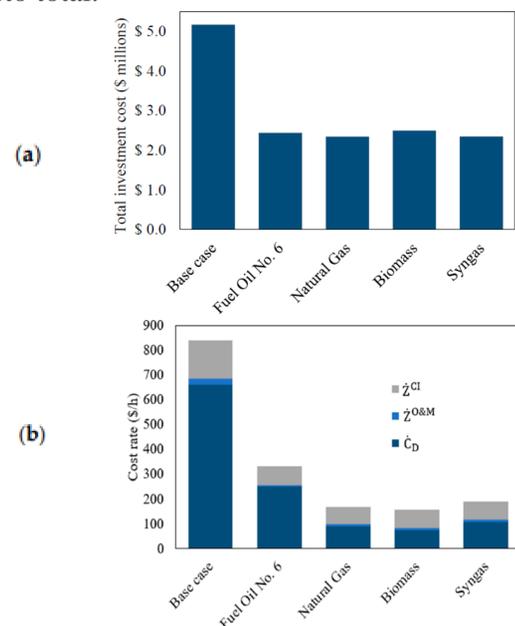


Figura 5. Comparación de (a) Costo total de inversión de la planta y (b) Tasas de exergía destruida, inversión y costos de operación y mantenimiento del sistema CCHP basado en diferentes combustibles.

CONCLUSIONES

- El sistema de trigeneración alimentado con syngas y biomasa es más ventajoso en términos de eficiencia exergética, emisiones y costos de servicios.
- El uso de biomasa en lugar de syngas en el sistema de trigeneración reduce los costos de vapor, agua enfriada y energía eléctrica en aproximadamente un 37.8%, 21.5% y 22.1%, respectivamente.

REFERENCIAS

- Bejan, A.; Tsatsaronis, G.; Moran, M. Thermal Design & Optimization; John Wiley & Sons, Inc.: Toronto, ON, Canada, 1996; ISBN 0-471-58467-3.