



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Análisis de sustentabilidad del empleo de BCS para calor de proceso

Authors: DURAN-GARCÍA, María D. y WEBER-BERND

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2019-265

BCIERMMI Classification (2019): 241019-265

Pages: 17

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Contenido

- 1. Introducción*
- 2. Metodología*
- 3. Casos analizados*
- 4. Resultados*
- 5. Conclusiones*
- 6. Referencias*
- 7. Agradecimientos*

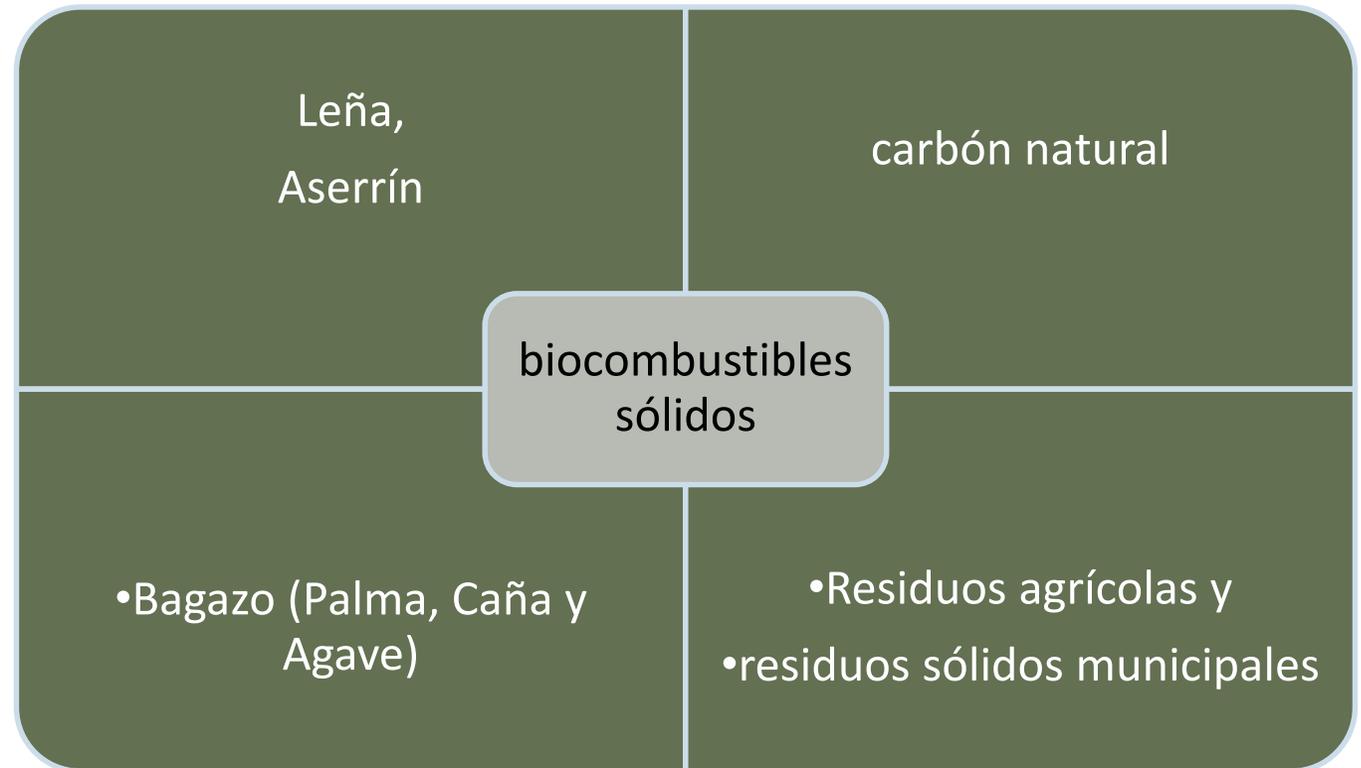
Introducción

- Los combustibles fósiles como el petróleo y gas natural representan la principal fuente de energía a nivel mundial, estas fuentes comenzarán a escasear en los próximos 40-50 años.
 - Las fuentes renovables de energía constituyen una excelente alternativa para combatir el cambio climático, el deterioro ambiental y la escases de recursos ocasionada por el actual sistema energético, basado en combustibles fósiles.
 - De entre las **fuentes renovables de energía** la **biomasa** constituye una de las opciones más viables. Esta, contribuye entre un **10%** y un **15%** de la demanda de energía global.(Oregon, 2010; Demirbas,2005).
-





Introducción (Continuación)



Introducción (Continuación)

- Características de los principales Biocombustibles solidos:
- En su estado natural tiene **alto contenido de humedad** (50% en el bagazo, 20% a 50% en el aserrín, 20% a 45% en la leña) además, presenta una **baja densidad** 0.15t/m³ el bagazo, 0.12t/m³ el aserrín y 0.3 a 0.5 t/m³ la leña. Así pues, algunas de ellas precisan un procesamiento de la biomasa que incluye su secado y densificación, estos procesos incrementan su costolo que aunado al costo de transporte y almacenaje hace en algunos casos poco atractivo su uso como energético.

Poco uso de la biomasa,
debido a que desconoce su
disponibilidad



Cluster de biocombustibles
sólidos, proyecto auspiciado
por el fondo de
Sustentabilidad Energética
SENER-CONACYT



identificar la disponibilidad
de biomasa en diferentes
regiones del país y
caracterizarla para su uso en
el sector residencia,
industrial y producción de
energía eléctrica

Introducción (Continuación)

- Diez países con el mayor uso de biomasa sólida en el sector industrial en el año 2009.

No.	País	Consumo de BCS PJ
1	Brasil	1317
2	India	1195
3	Estados Unidos	1063
4	Nigeria	379
5	Canadá	287
6	Tailandia	283
7	Indonesia	272
8	República Democrática del Congo	185
9	Suecia	169
10	Paquistán	135

Metodología

Definición del objetivo y el alcance.

Análisis de inventario del ciclo de vida (ICV).

Evaluación del impacto ambiental del ciclo de vida (EICV).

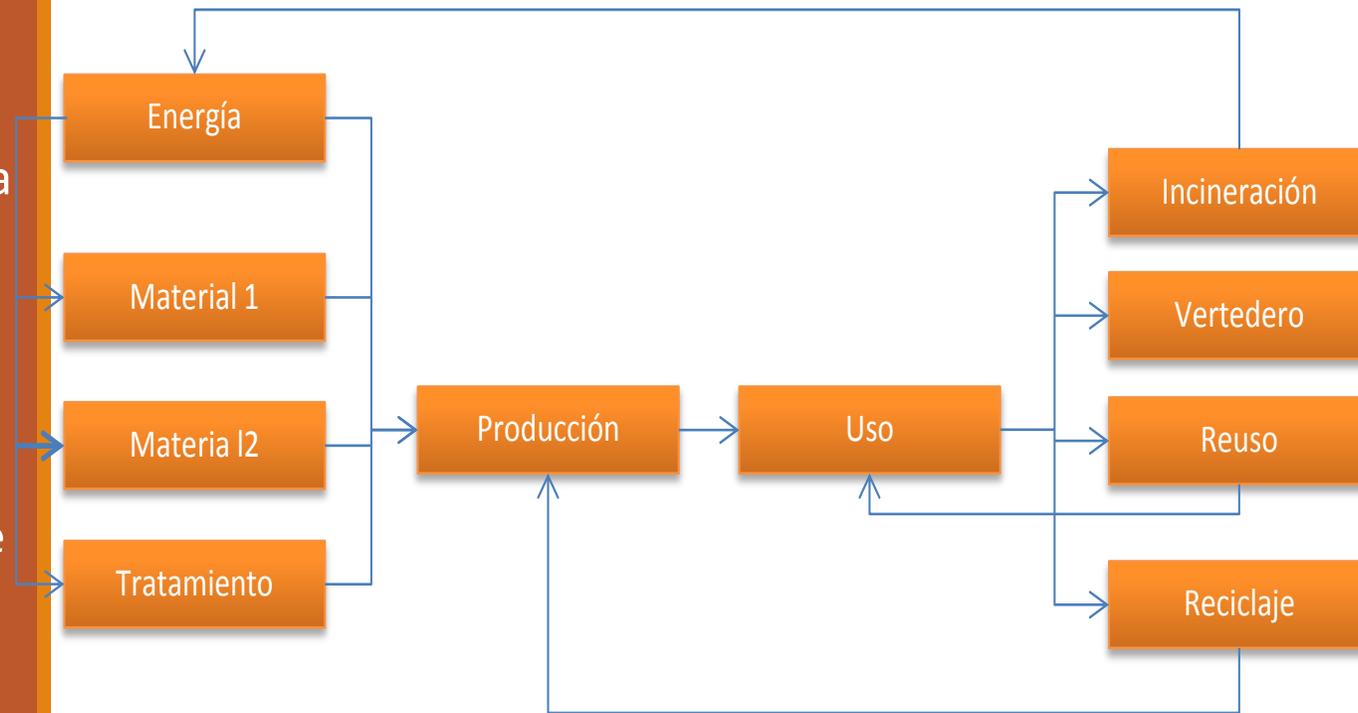
Interpretación del ciclo de vida.

- Producción de energía térmica empleando combustible fósil, gas natural o combustóleo, según el caso
- Producción de energía térmica empleando BCS, siendo parte de este biocombustible el propio residuo del proceso productivo.

Metodología (Continuación)

- La metodología de ACV puede aplicarse de manera particular a los parámetros o indicadores que se requiera estudiar.
- En el presente trabajo se aplica el análisis a los impactos de los escenarios indicados, considerando tres categorías de impacto que son:

- Energía
- Cambio climático
- Toxicidad humana



Resultados del ICV

Materias primas
Uso de suelo
CO2
COV
P
SO2
Nox
CFC
Cd
DDT
Etc...

Flujos de información necesarios para el inventario de ciclo de vida. *Fuente: UNEP, 2011.*

Resultados (Casos Analizados)

- Empresa productora de Tequila ubicada en Jalisco, la cual emplea bagazo de agave, mezclado con otros biocombustibles como astilla; además de biogas en una segunda etapa de combustión en una caldera pirotubular híbrida (agua-pirotubular) de 800BHP.
- La caldera empleada es de piso oscilante y emplea como combustible 45 toneladas de biomasa por día, operando 24 horas a plena carga

1. Bagazo de agave



- Empresa de café soluble ubicada en el Estado de México, emplea bagazo de café, combinado con arena sílice, para producir el 50% de sus necesidades de vapor en una caldera acuotubular de lecho fluidizado, con capacidad de 33 MW útil, que produce vapor saturado a 17.4 bar.
- El lecho fluidizado se compone principalmente de arena sílice con total de 40 t.

1. Bagazo de Café



Resultados (Casos Analizados)

Bagazo de Agave

Combustible	PCS	PCI
	[MJ/kg]	[MJ/kg]
Bagazo de Agave	9.6338	7.7246
Mezcla 70/30	9.414	7.488

Poder calorífico base del combustible.

Fuente: Propia.

Biogas	Valores
Flujo	298.93 kg/hr
Flujo energético	4575337 kJ/h
Fracción metano	52.41

Características del biogás. *Fuente: empresa.*

Bagazo de Café

BIOMASA	Humedad	PCS MJ/kg ("as fired")	Cenizas % en (masa seca)
Bagazo torrificado y prensado	58.6	12.5	2
Cascarilla	19.7	17.3	6.3
Lodos	90.9	2.5	1.6

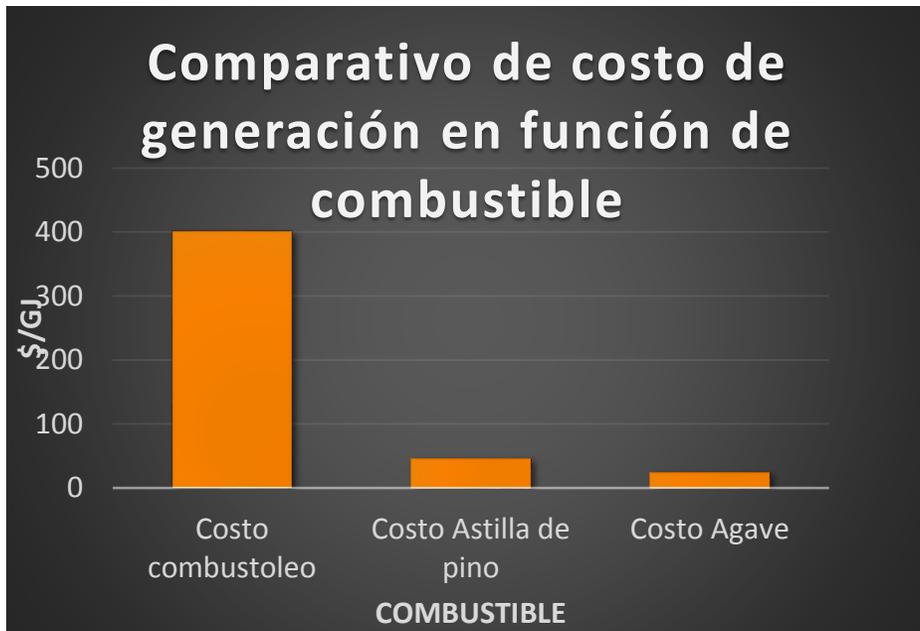
Características de los combustibles empleados en la caldera de lecho fluidizado. *Fuente: Elaboración propia.*

Potencial de gas de efecto invernadero para las emisiones a partir de mezcla 70% bagazo de agave y 30% astilla de pino. Fuente: Empresa fabricante de calderas.

Emisiones estimadas	Razón	Flujo	Conc	AR4 PCG*
Con bagazo de agave	[mg/kJ]	kg/h	mg/m ³ _{normal}	tCO ₂ e/año
PM-10 con multiciclón	0.1161	5.58	210	s/d
PM-2.5 con multiciclón	0.0688	3.30	125	s/d
Total de PM	0.1290	6.19	234	s/d
NO _x	0.0946	4.45	171	6,454
CO	0.2580	4.13	467	20
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	0.0073	0.35	13	0
Carbono orgánico total (TOC)	0.0168	0.81	30	0
Emisiones por consumo de electricidad				291
			TOTAL=	6,765

Resultados (Bagazo de Agave)

Resultados (Bagazo de Agave)



Costo de generación de 1GJ con los diferentes tipos de combustible analizados.



Flujo neto de efectivo derivado del ahorro en consumo de combustible al emplear una caldera de biomasa.(70% Bagazo y 30% astilla) *Fuente: Elaboración propia.*

Resultados (Bagazo de Café)

Combustible	Costo unitario	Costo anual
Bagazo de café	0	0
Pellet ¹	\$ 4.00 /kg	\$ 93.3 millones
Gas Natural	\$ 78.9646/GJ	\$ 31.5 millones

Costo de los combustibles. Fuente: Elaboración propia con base en *PEMEX, 2018*

Escenario	Partículas	SO2	NOx	CO
t/año				
Gas Natural	-	-	62.5	159.2
Pellet de Pino	56.3	187.7	138.1	351.6
Diferencia	56.3	187.7	75.6	192.4

a) Emisión de contaminantes de los escenarios de la combustión de gas natural y pellet de pino. Fuente: *Elaboración propia.*

Resultados (Bagazo de Café)

b) Efecto invernadero

Escenario	directo	indirecto	Total
	t/año		
Gas Natural	21223	858	22081
Pellet de Pino	0	6344	6344
Diferencia	21223	-5486	15737

Escenario	directo	indirecto	Total
	TJ/año		
Gas Natural	399	16	415
Pellet de pino	399	103	502
Diferencia	0	-87	-87

Tabla 10. Emisión de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de CO₂ para los escenarios de la combustión de gas natural y pellet de pino. *Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 11. Demanda de energía primaria para la operación de las calderas. *Fuente: Elaboración propia.*

Resultados (Bagazo de Café)

b) Efecto invernadero

La implementación de incinerar pellets incrementaría el costo de operación y la demanda de energía primaria y las emisiones de NOx, sin embargo disminuye las emisiones de CO₂.

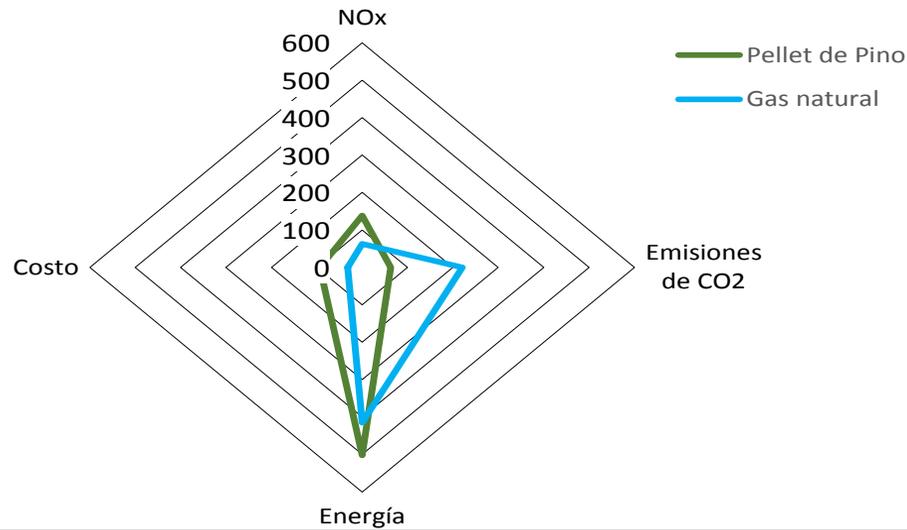


Figura 7. Gráfica de red los factores analizados: NOx, Emisiones, costo y energía, CO₂ y NOx en t/año y energía en TJ/año. *Fuente: elaboración propia.*

Flujo acumulado neto de efectivo

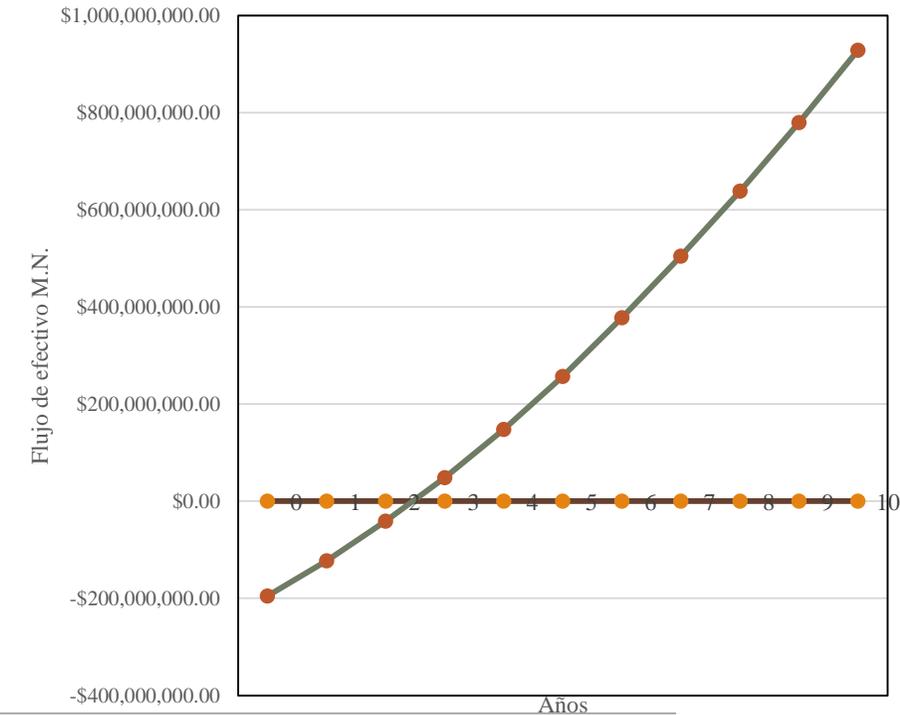


Figura 8. Flujo neto de efectivo derivado del ahorro en consumo de combustible al emplear una caldera de biomasa, considerando sólo bagazo de café. *Fuente: Elaboración propia*

Resultados (Bagazo de Café)

- Se determinó el periodo de retorno de la inversión para observar la factibilidad del proyecto

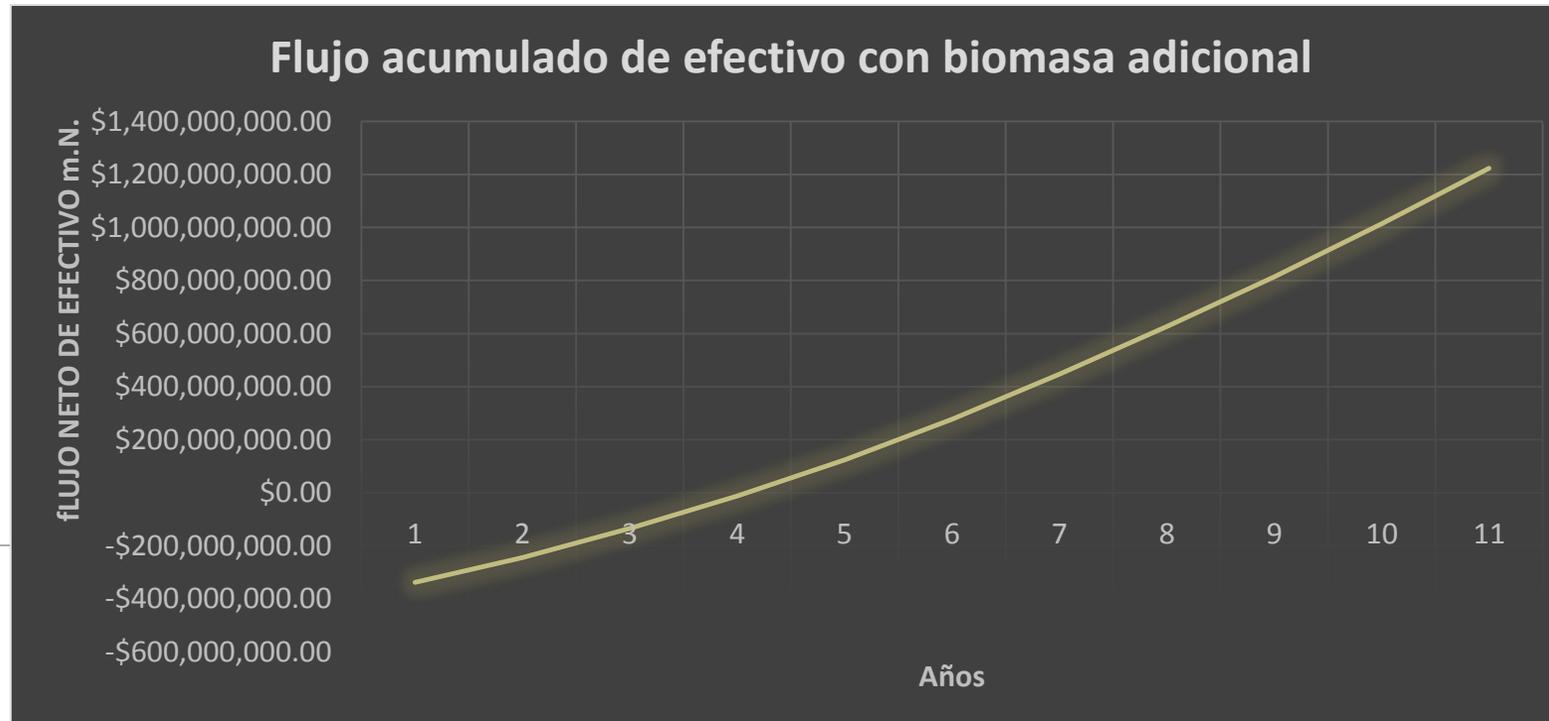


Figura 9. Flujo neto de efectivo derivado del ahorro en consumo de combustible al emplear una caldera de biomasa, considerando bagazo de café y pellet de pino. *Fuente: Elaboración propia*

Conclusiones

- Los resultados muestran la factibilidad del empleo de biocombustibles sólidos para procesos térmicos, cuando se tiene residuo disponible o biomasa a bajo costo, por ejemplo generada en la misma planta productiva.
- la factibilidad de estos proyectos se ve afectada por el alto costo que tienen las tecnologías disponible es en el mercado para la incineración de BCS.
- Una caldera de biomasa cuesta aproximadamente de 8 a 10 veces más de lo que cuesta una caldera de combustible fósil (gas natural o combustóleo).
- Aun cuando el costo de la caldera es sumamente alto se tiene una recuperación de la inversión menor a 4 años, considerando solamente como ingreso la diferencia entre el costo de generación con BCS y con gas natural.
- Con respecto a las emisiones, si bien en algunos casos como en el caso del pellet de pino las emisiones de NOx son mayores que las de gas natural, estas se pueden disminuir con sistemas adecuados y las de CO₂ son nulas por tratarse de biomasa.

Referencias

- ✓ Alves R., Perrella J., (2004). Energetic and Exergetic Analysis in Firewood Boiler., Revista Ciencia y Tecnología V. 12, No. 23, pp. 15-24.
- ✓ Demirbas A. (2005). Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. Prog Energy Combust Sci 2005:31-92.
- ✓ **Demirbas A. (2001). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. [Energy Conversion and Management Volume 42, Issue 11, 1357-1378.](#)**
- ✓ García, I. M. (2019). Reflexiones sobre la economía colaborativa y el capitalismo de las emociones: nuevos retos en el análisis del conflicto Capital-Vida. Lan harremanak: Revista de relaciones laborales, (41), 6.
- ✓ Guinée, J. (2016). Life Cycle Sustainability Assessment: What Is It and What Are Its Challenges? En R. Clift, & A. Druckman (Edits.), *Taking Stock of Industrial Ecology* (págs. 45-68). Springer Open.
- ✓ Heijungs, R. (2010). Ecodesign – Carbon Footprint – Life Cycle Assessment – Life Cycle Sustainability Analysis. *Environmental and Climate Technologies*, 4, 42-46.
- ✓ IPCC, 2006. “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, volume 2. [Chapter 2 – Stationary combustion]
- ✓ IEA (International Energy Agency), *World Energy Outlook* (2018). Recuperado de: <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/process-engineering/separation-processes-laboratory-dam/documents/education/ccs%20notes/World%20Energy%20Outlook%202018.pdf>. (Consultado 9 de mayo del 2019).
- ✓ ISO. (2006). *ISO 14040:2006(es)*. Recuperado de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- ✓ Johansson L., Leckner, Gustavsson L., Cooper D, Tullin C, Potter A. (2004). Emission characteristics of modern and old-type residential boilers fired with wood logs and wood pellets. *Atmospheric Environment* 38 : 4183–4195
- ✓ Keenan J. y Maguire M. (1983). Cost Model of Industrial Fluidized Bed Boiler. *J. Energy Eng.* 1983,109 (2): 113-126.
- ✓ Koh MP, Hoi WK (2003). Sustainable biomass production for energy in Malaysia.
- ✓ Biomass Bioenergy 2003;25.
- ✓ Oregon. (2010). Biomass Energy. Recuperado el 1 de mayo de 2010 de: <http://www.oregon.gov/ENERGY/RENEW/Biomass/BiomassHome.shtml>.
- ✓ PEMEX. (2018). Precio al público de productos petrolíferos. Obtenido de indicadores petroleros: http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/epublico_esp.pdf.
- ✓ Rodríguez, J. M. F., Noriega, L. H. O., Orozco, I. H., & Ortega, A. T. (2019). Análisis de Ciclo de Vida para la producción de biodiesel derivado de palma de aceite caso colombiano. *Publicaciones e Investigación, 1*.
- ✓ Samudra L., y Molina (2004). *M. CÁLCULO DE EMISIONES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO*, Integraterd Programa Urban, Regional and Global Air Pollution.
- ✓ SE (2017), *Balance Nacional de Energía*, Secretaría de Energía. Recuperado el 9 de mayo del 2019 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf
- ✓ Shen X., R. Kommalapati, Huque Z. (2015). The Comparative Life Cycle Assessment of Power Generation from Lignocellulosic Biomass, *Sustainability*, vol. 7, no. 10, pp. 12974–12987.
- ✓ UNEP. (2011). *Towards a Life Cycle Sustainability Assessment: Making Informed choices of products*. Paris: UNEP.
- ✓ Vakkilainen E., Kuparinen K, Heinimö J. (2013) Larger Industrial Users of Energy Biomass, IEA BIOENERGY 2013. Recuperado el 4 de mayo del 2019 de: http://task40.ieabioenergy.com/wp459_content/uploads/2013/09/t40-large-industrial-biomass-users.pdf



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)