



Técnicas de aprovechamiento de residuos en la Agroindustria de Ecuador: conversión térmicoquímica

Dirección de Investigación,
desarrollo e innovación UTMACH

Por: Mario
Heredia



: @MarioHerediaS
: mario-heredia-biomass
: Mario_Salgado4



05 | Nov | 2022 Humboldt University – Aveiro University
IRI THESys CESAM

Acerca de mi:

Ingeniero **Mecánico** (Cum Laude 2008) Universidad Internacional del Ecuador
Máster en **Sistemas Energéticos** Sustentables
Ph.D en Sistemas Energéticos y Cambio Climático

Embajador científico **CESAM** (U Aveiro)
Científico invitado **IRITHESys** (HU Berlin)

Industria, construcción, minería y petróleo.
CTO de **Bioenergía** de los Andes.
Consultor Agencias de cooperación internacional
(PNUD, CEFA, GIZ, FAO).

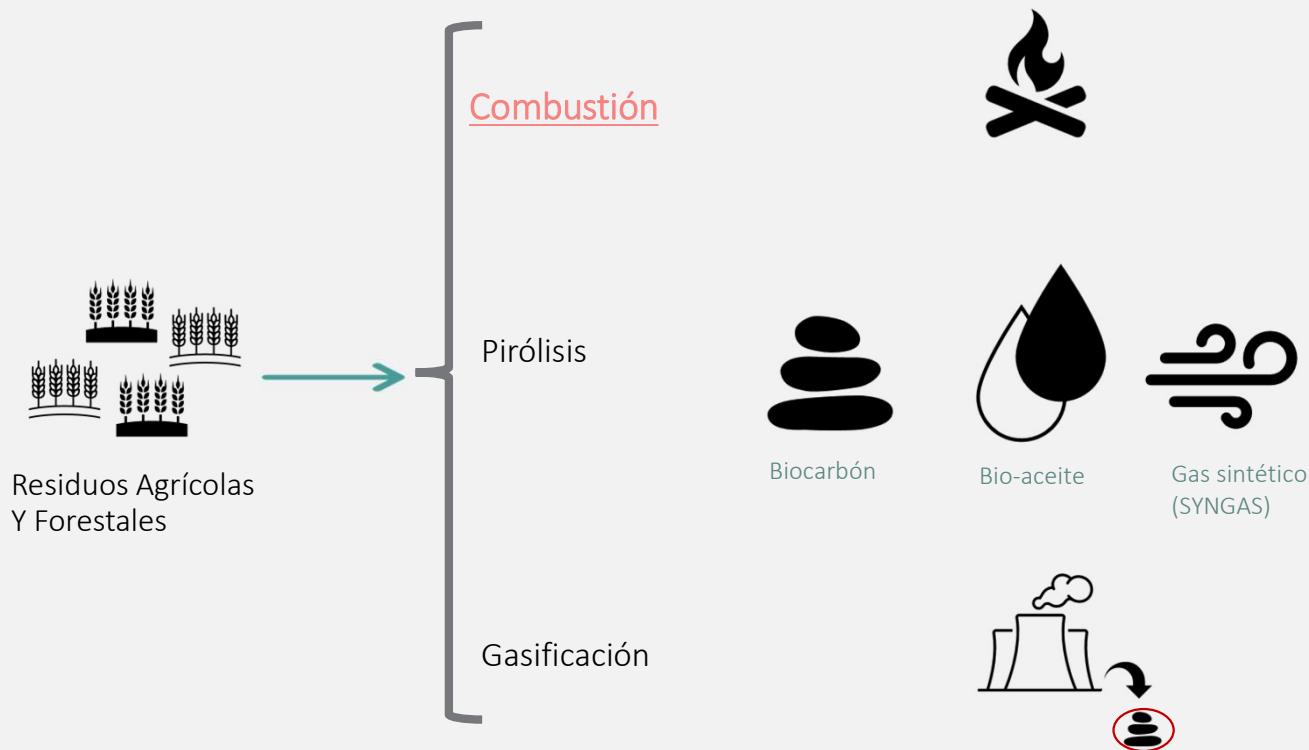
Biocombustibles sólidos derivados de agro-residuo.
Pirólisis y secuestro de carbono. Gestión de
energía (ISO50001). Profesor y capacitador técnico
educación dual. Prototipado y **MVP's**. **Start-ups** de base científica.



Agroindustria



Rutas de conversión termoquímica



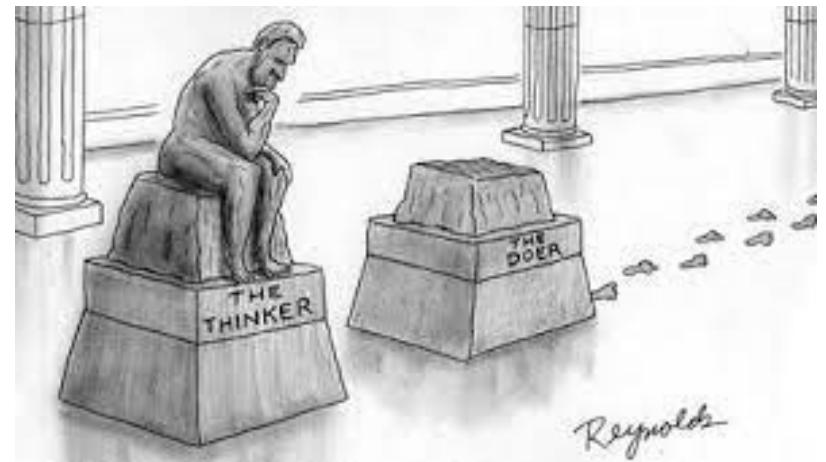


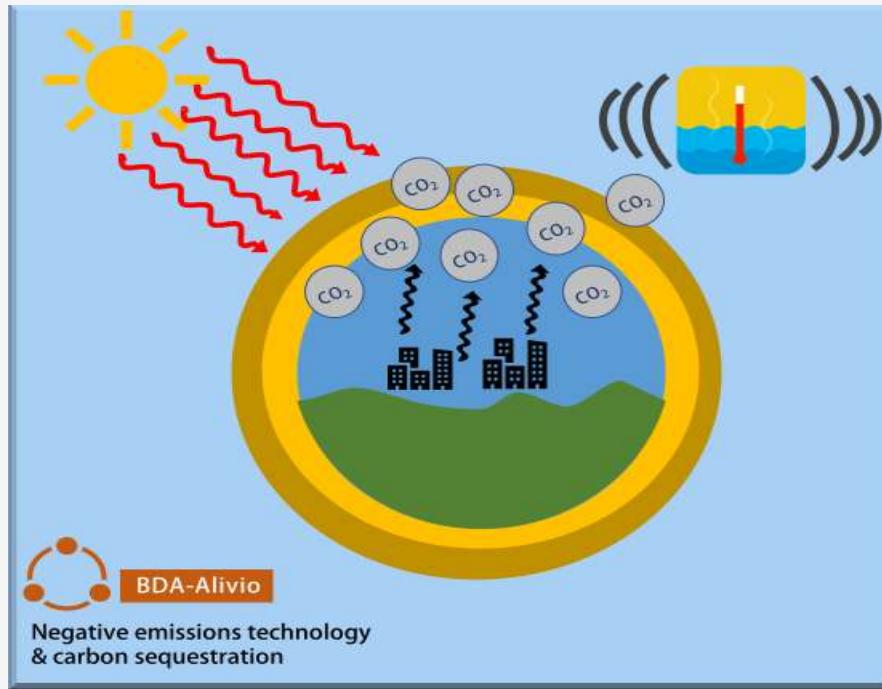
Transformations of
Human-Environment Systems

THESys Discussion Paper No. 2017-1

The position of scientists in transformations of human-environment systems. An inquiry into IRI THESys research practices

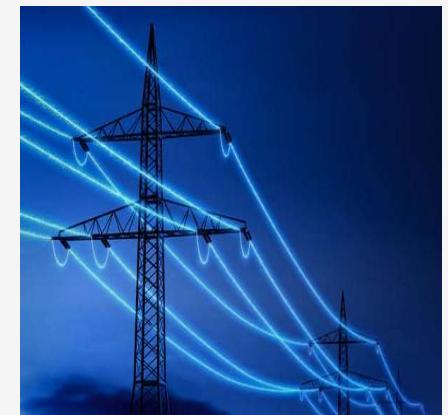
Iago Otero, Jörg Niewöhner, Tobias Krueger, Özge Can Doğmuş,
Johannes Himmelreich, Clara Sichau, Patrick Hostert





Calentamiento global y cambio climático

Mitigación, adaptación y resiliencia



Energía Renovable



Transportes



Agricultura



Ganadería



Conservación / cambio uso de suelo



Residuos

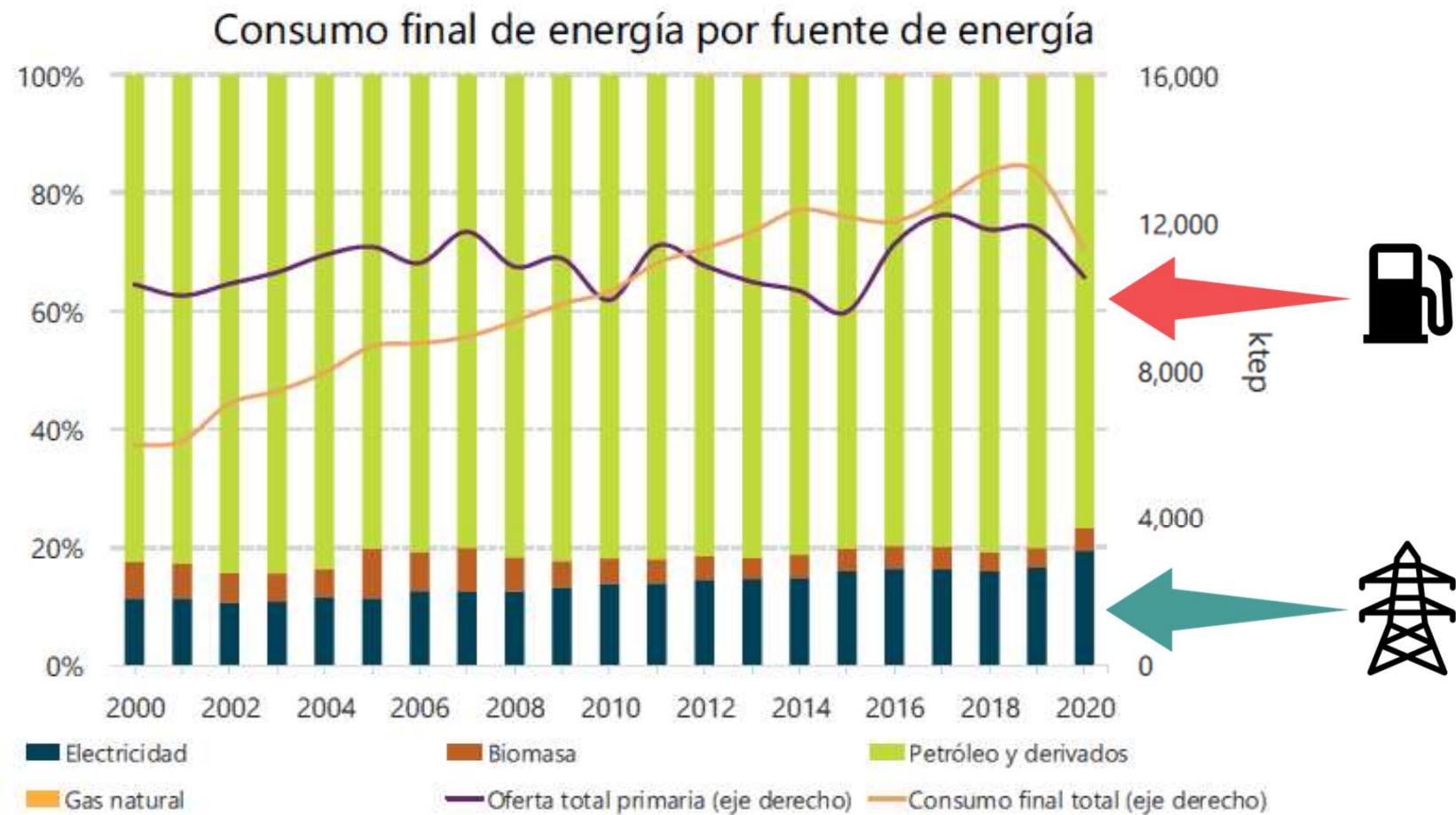


ECUADOR marco de referencia

Actualmente, **74 %** de la **electricidad** que se produce en Ecuador proviene de fuentes renovables (hidroelectricidad).

Sin embargo, el uso de combustibles líquidos de origen fósil representa el **78 %** de la demanda de energía final en el país. El consumo de **diésel** es **42 %** (casi la mitad) de la demanda total de combustibles líquidos.

Porqué es esto relevante?



Oportunidad



Los agro-residuos

41% del diésel que se consume en el sector industrial y 90% del fuel-oil/bunker podrían reemplazarse por combustibles sólidos derivados de agro-residuos. El sector agroindustrial genera 18.3×10^6 MT de agro-residuos por año.



La política energética

El gobierno **subsidia** los combustibles fósiles. No hay impuestos asociados al consumo de combustibles fósiles.



Estado del arte

Tecnología para la conversión energética de agro-residuos adaptada para el sector de pequeña y mediana escala.

Bioenergía: combustión

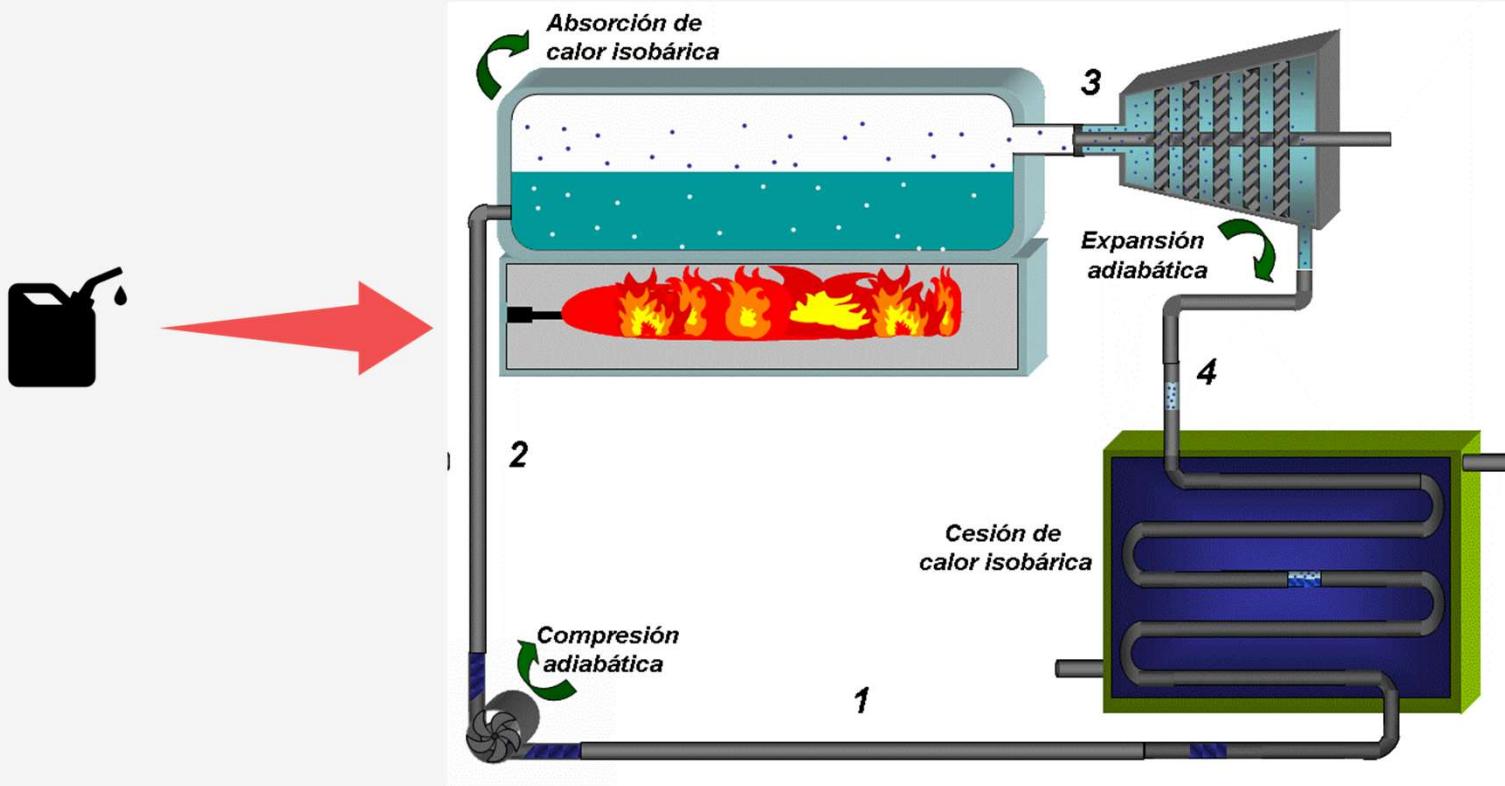


BIOENERGÍA

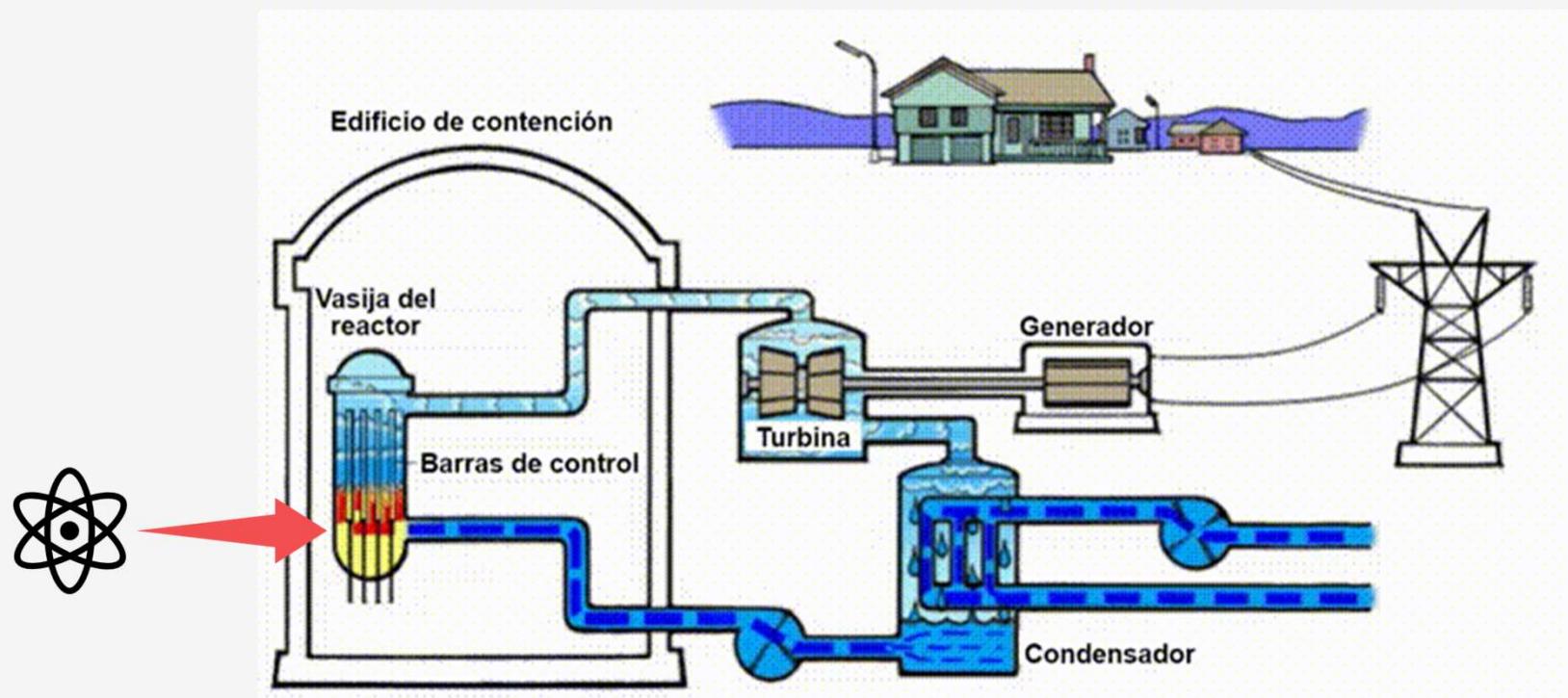
Bioenergía es el término genérico para designar a la energía derivada de la biomasa. La biomasa se constituye de materiales como la madera, agro-residuos, restos animales.

“la fracción biodegradable de productos y residuos de la agricultura (incluyendo substancias vegetales y animales), de los bosques y de las industrias vinculadas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y urbanos”

Un proceso de combustión **es un tipo de reacción química exotérmica que origina un proceso de oxidación rápida de elementos combustibles** que están formados, principalmente, por carbono e hidrógeno y en ocasiones, por azufre. A través de dicho proceso, se liberan grandes cantidades de energía térmica



Ciclo Rankine de potencia



Ciclo Rankine de potencia: reactor nuclear ó
ingenio azucarero

- Hidroeléctricas: actualmente 8000 MW_e.
- Segundo productor de energía renovable?



Ingenio azucarero Valdez: 36.5 MW_e
Fuente: Francisco Vergara, 2012

→ 104 MW_e
(Recalde, 2012)



Cogeneración en Ecuador: sector azucarero

El sector de la Palma Africana

- Ecuador es el segundo productor regional de aceite de palma. El primer lugar lo ocupa Colombia y el tercero Honduras.
- Es el segundo cultivo perenne más extenso en el Ecuador (280.000 hectáreas & 7000 palmicultores).

(Instituto de promoción de inversión y exportaciones, 2014)

Biomasa residual



Biomasa Residual	Cantidad (t/año)
Raquis	500.000
Fibras	306.818
Cuesco	125.000
*Residuo de campo	6.405.141

Tomado de: [Mitschke, 2016]

"La disponibilidad de esta biomasa es constante a lo largo del año, además se encuentra localizada en puntos geográficos definidos. Por lo tanto, existe un creciente interés en los potenciales usos sumandose además las preocupaciones ambientales y económicas asociadas a su tratamiento y disposición final" (J Garcia. Evolution of palm oil mills into biorefineries, 2014)



Consumo de energía térmica: pequeña y mediana escala?



vs



Energía térmica



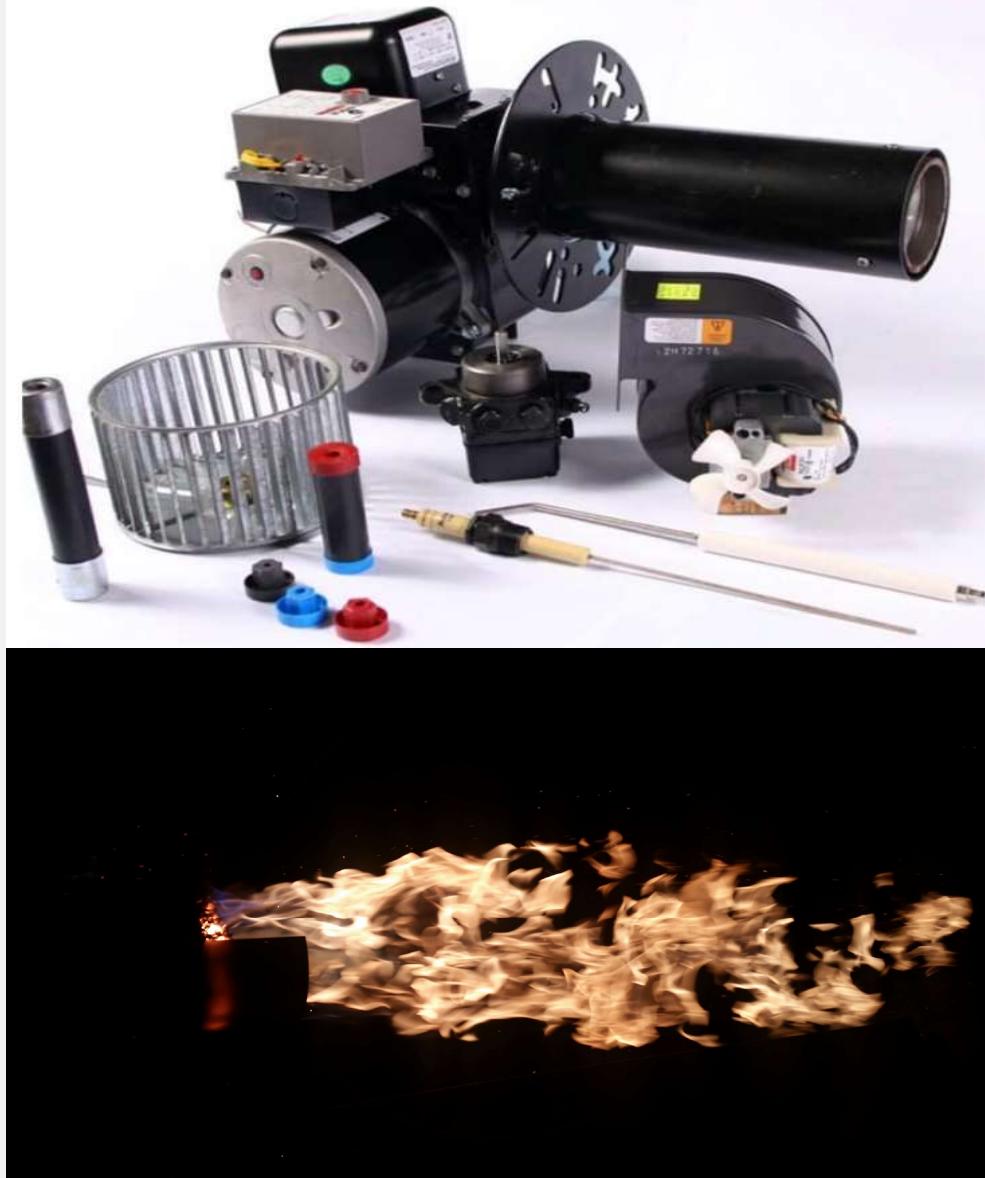
Diésel

GLP

Potencial energético en los agroresiduos?

Procesos de producción de energía térmica

En Ecuador el diésel y el GLP son combustibles fósiles utilizados para producir energía térmica (calor) en varias industrias, agro-industrias y empresas de servicios. Los quemadores de diésel y GLP producen un frente de llama incandescente que se utiliza para: calentar **piscinas**, calentar aire para **secadores**, calentar invernaderos o para producir **vapor** y agua caliente.



Ejemplos de sistemas y procesos que usan diésel y GLP

Calefactores de
invernaderos para aves
o flores.



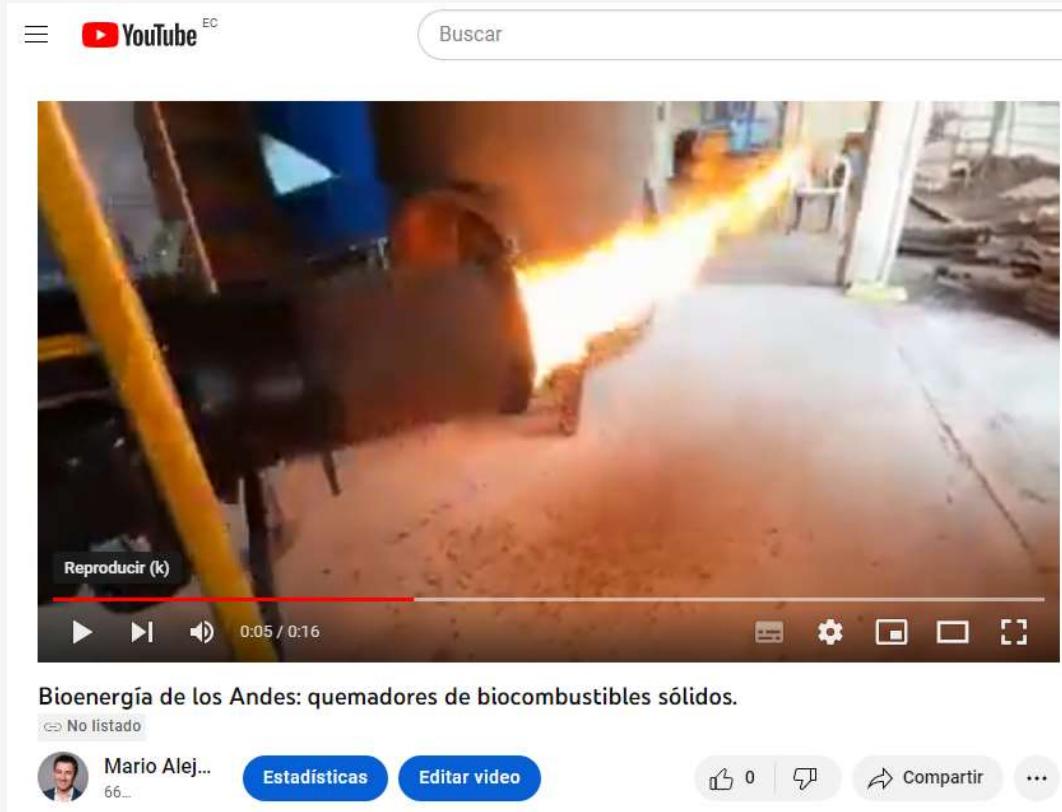
14/47



Calderos para
producción de vapor o
agua caliente.



Secadores de granos:
cacao, maiz, soja,
arroz, etc

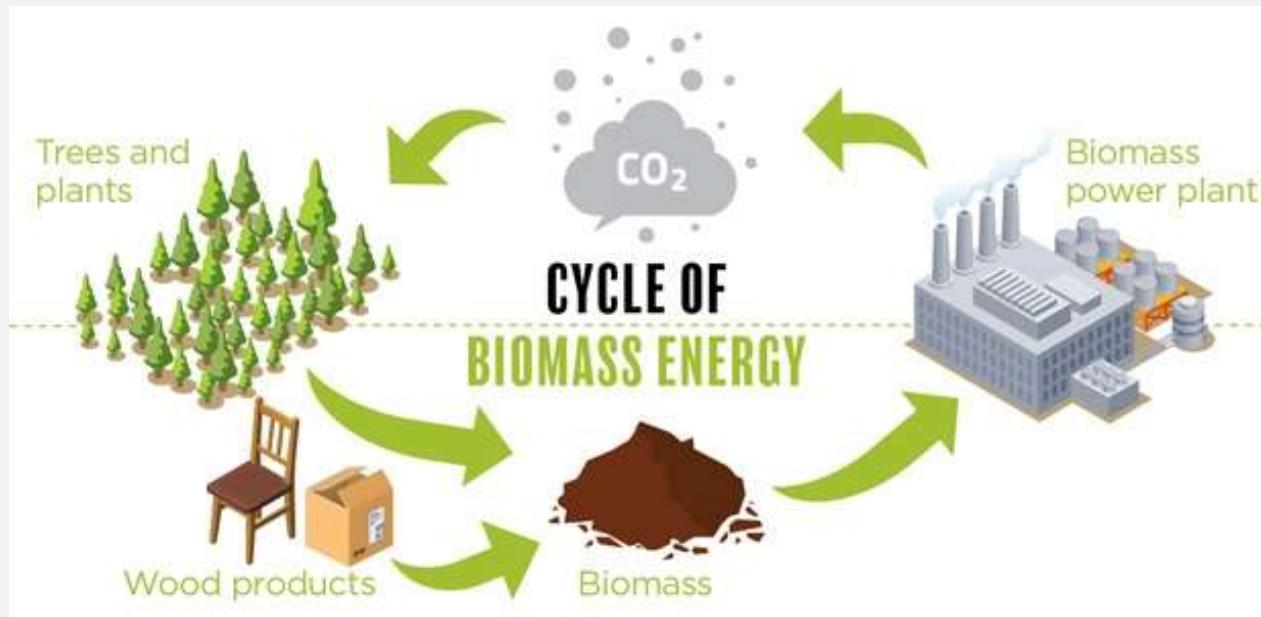


Bioenergía de los Andes: quemadores de biocombustibles sólidos. -
YouTube



FUNDAMENTOS DE CONVERSIÓN ENERGÉTICA DE **BIOCOMBUSTIBLES** **SOLIDOS** DERIVADOS DE AGRO RESIDUOS

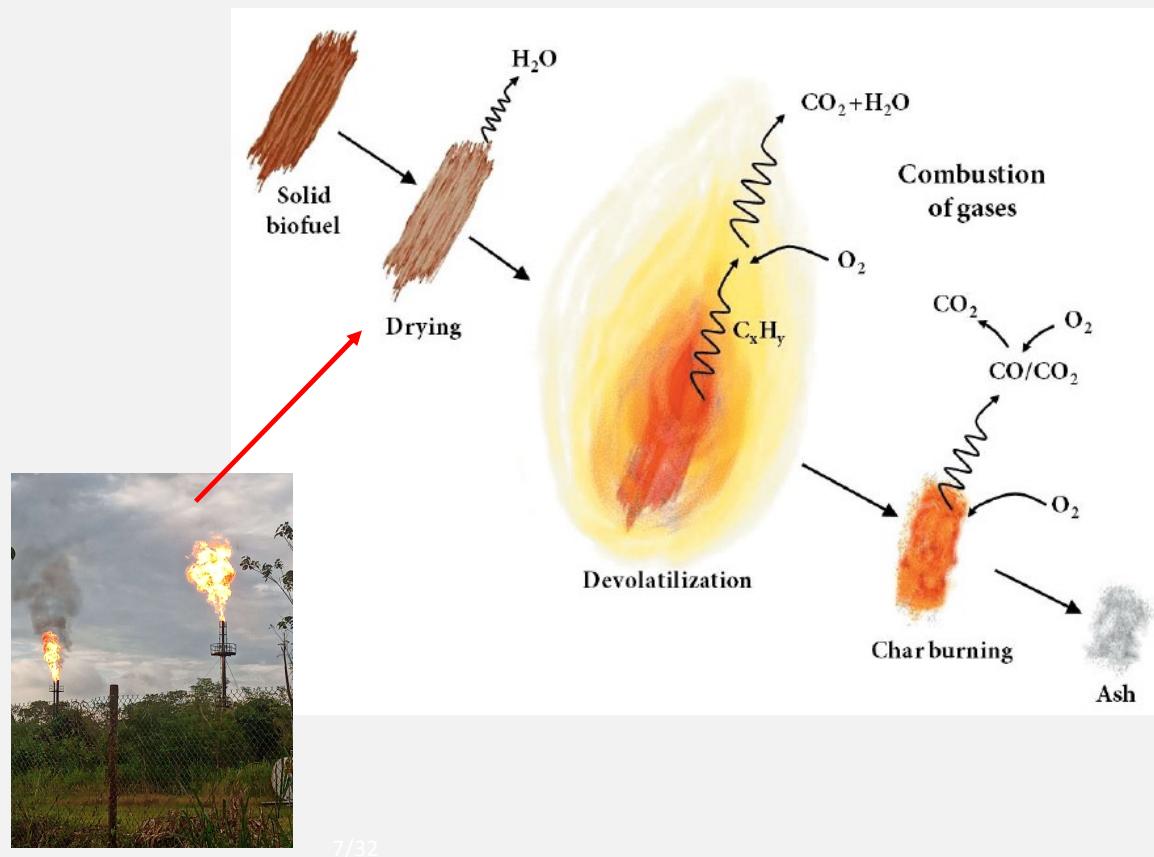
BIOCOMBUSTIBLES: son renovables?



Ciclo de la bioenergía
CO₂ neutro?
Tasa de regeneración?

Etapas durante la conversión termoquímica de agro residuos

Conviene trabajar con resíduos con elevado contenido de humedad?



Caracterización de la biomasa residual

Tabla 7. Composición fisicoquímica (proximal y elemental) de una muestra de cascarilla de café tomada en el centro de acopio de la organización APROCCEL y de cuesco de palma y fibra de mesocarpio de una extractora de la localidad. Como referencia se adjunta la composición fisicoquímica típica de un pellet para uso como combustible sólido en la Unión Europea [16].

	Cascarilla de café	Cuesco de palma	Fibra de mesocarpio	Pellet UE
Análisis Proximal (%wt,_{bh})				
Humedad	9.4	12.8	37.2	4.6
Materia Volátil	67.6	73.1		70
Ceniza	7.1	2.4	13.4	0.3
Carbono Fijo ^a	15.9	11.7		25.1
Análisis Elemental (%wt,_{ds})				
C	41.8	47.8	47.2	47.5
H	10.7	6.0	6.0	6.2
N	1.9	0.6	1.4	0.09
S	b	b	0.3	b
O ^b	38	43.1	36.7	45.9
Ceniza	7.6	2.5	8.4	0.32
Poder calorífico inferior - PCI (MJ/kg_{ds})	17.8	17.7	18.3	18

^aValor Calculado por diferencia

^bValor se encuentra por debajo de límite de detección del equipo de medición (100 ppm)

Aarti

PODER CALORICO PCS - PCI

$$LHV = (34.91 W_{C,F} + 117.83 W_{H,F} + 10.05 W_{S,F} - 10.34 W_{O,F} - 1.51 W_{N,F} - 2.11 W_{Z,F}) - [\left(W_{H,F} \frac{18}{2} \right) h_{wv,T}]$$



Densidad energética
por unidad de masa

1gl diesel ~ 9 kg CPA (17MJ/kg)

Densidad diesel: 833 kg/m³

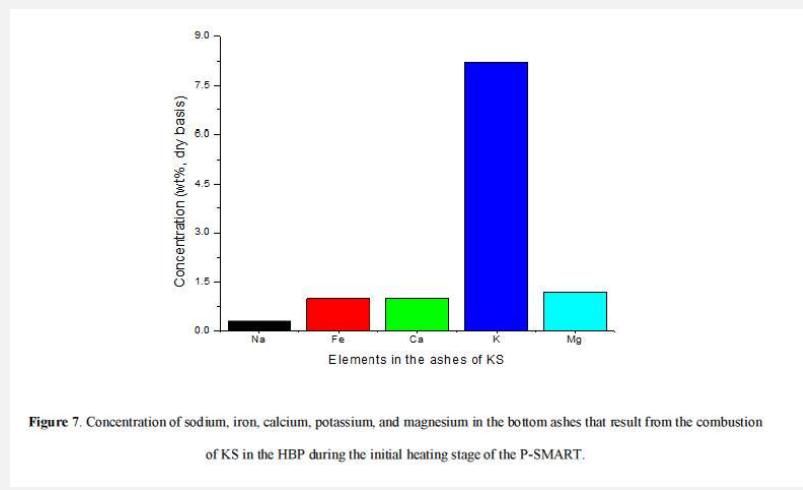
PCI diesel: 45 MJ/kg

DENSIDAD, TAMAÑO DE PARTICULA, DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA, INORGÁNICOS (Na,Cl,K)

DENSIDAD, TAMAÑO DE PARTICULA, DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA, INORGÁNICOS (Na,Cl,K)

1. Según la evidencia científica disponible, la ceniza generada en el quemador de agro-residuos instalado por BDA podría ser reutilizada como aditivo de suelos. A continuación se presenta la composición química desagregada de las cenizas de cuesco de palma obtenidas en nuestro laboratorio de investigación (Heredia et al 2020).
2. Para mayores detalles se puede consultar nuestra publicación científica al respecto: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620318515>

Silicio 30% | Potasio 8% | Fósforo 3% | Calcio 1.3%



COMBUSTION DE BIOCOMBUSTIBLES: ecuaciones fundamentales y estequiométria

$$\left(\frac{W_{C,F}}{M_C}, \frac{W_{H,F}}{M_H}, \frac{W_{O,F}}{M_O}, \frac{W_{N,F}}{M_N}, \frac{W_{S,F}}{M_S}, \frac{W_{W,F}}{M_W}, W_{Z,F} \right) + \left(\frac{W_{a,A}}{M_{air}} \right) \cdot (W_{s,a}) = \left(n_{CO_2} + n_{H_2O} + n_{O_2} + n_{SO_2} + n_{N_2} + \frac{W_{Z,F}}{12} \right)$$

Balance de Masa

$$W_s = Y_{s,C} \cdot \left(\frac{W_{C,F}}{M_C} \right) + Y_{s,H} \cdot \left(\frac{W_{H,F}}{M_H} \right) + Y_{s,S} \cdot \left(\frac{W_{S,F}}{M_S} \right) - \left(\frac{W_{O,F}}{M_O} \right)$$

Consumo esteq. de O₂

$$W_{s,a} = W_s \cdot \left(Y_{s,O} + \left(Y_{s,N} \cdot \frac{M_N}{M_O} \right) + \left(Y_{H_2O} \cdot \frac{M_{H_2O}}{M_O} \right) \right)$$

Consumo esteq. de Aire

$$\Delta H_{R,C} = \Delta H_{u,C} + \Delta H_{P,C} + \Delta H_{L,C}$$

Balance de Energía



Palm oil kernel shell as solid fuel for the commercial and industrial sector in Ecuador: tax incentive impact and performance of a prototype burner

Mario A. Heredia Salgado^a Luís A.C. Tarelho^a, M. Arlindo A. Matos^a, Daniel Rivadeneira^b,
Ricardo A. Narváez C^b

Cuesco de palma africana, un nuevo combustible para uso comercial en Ecuador: análisis económico y evidencia experimental.

Mario A. Heredia Salgado^a

^a Departamento de Ambiente e Ordenamiento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
Centro de estudos do ambiente e do mar, CESAM.

TECNOLOGIAS DE COMBUSTION

Lecho Fijo

- Parilla Fija
- Underfeed stocker

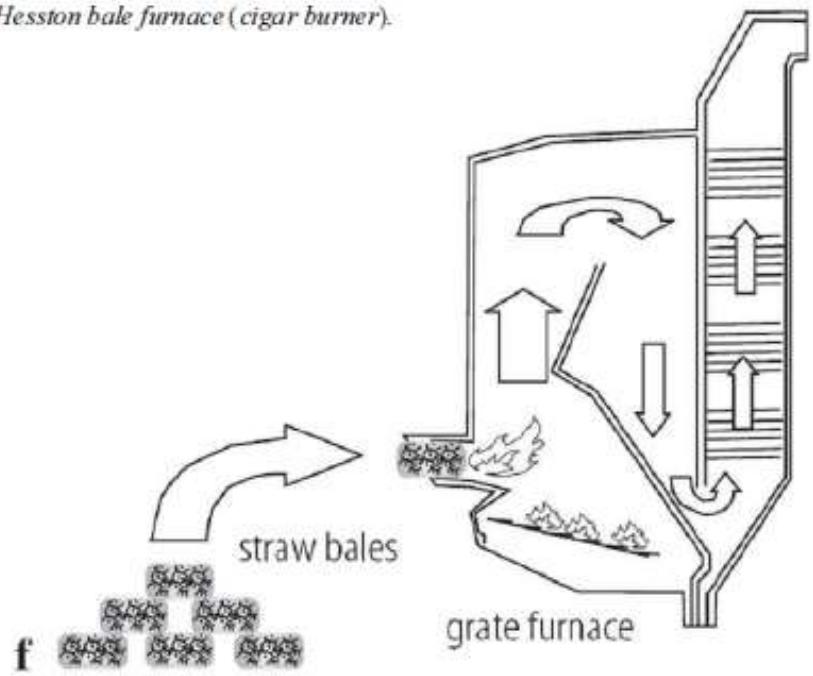
Lecho Móvil

- Reciprocante
- Parrilla vibrante
- Traveling bed

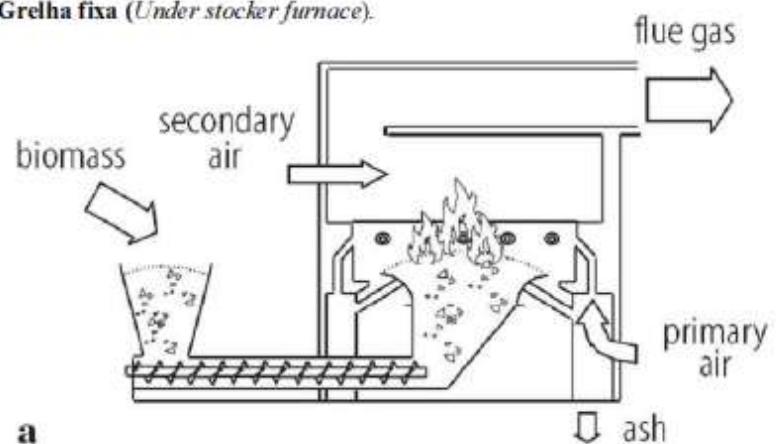
Lecho Fluidizado

- Burbujeante
- Circulante

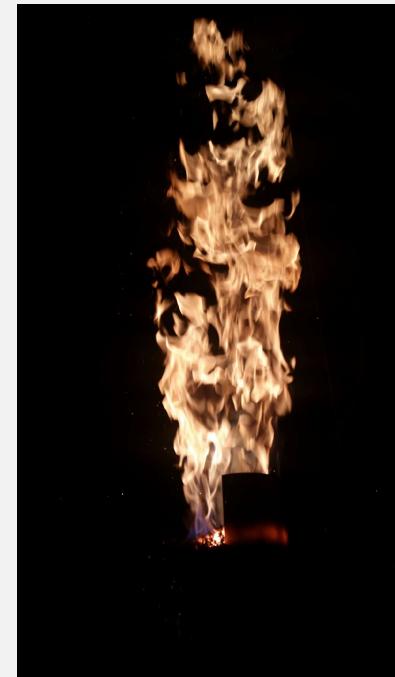
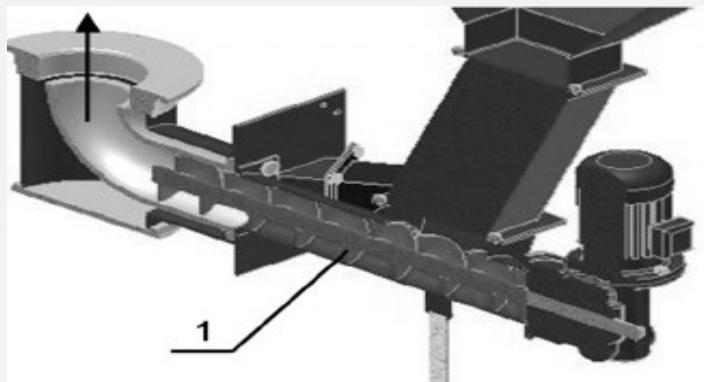
(f) Hesston bale furnace (cigar burner).



(a) Grelha fixa (Under stocker furnace).



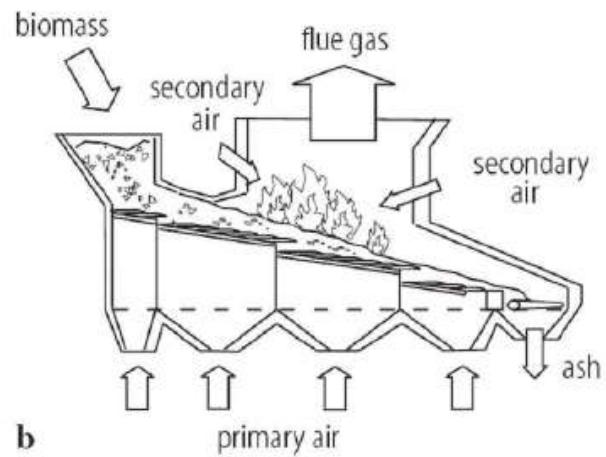
Lecho fijo



https://www.youtube.com/watch?v=DrYXrT3HfX4&ab_channel=MarioAlejandroHerediaSalgado

Lecho fijo

(b) Grelha móvel inclinada (*Grate furnace*).



b

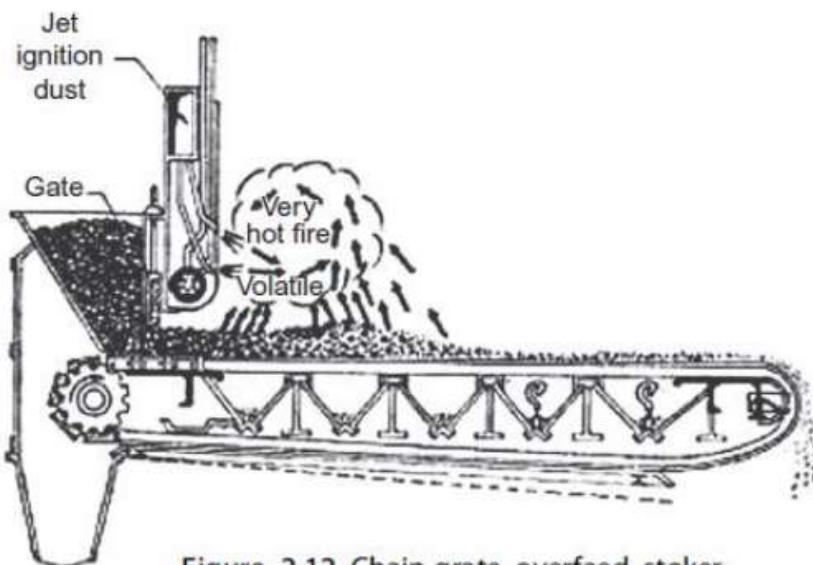
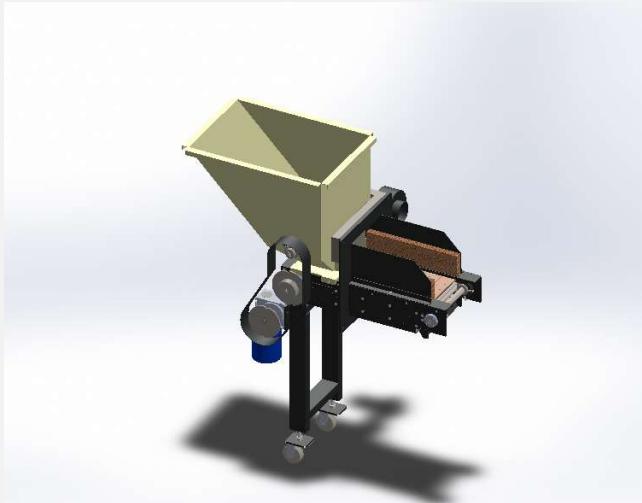


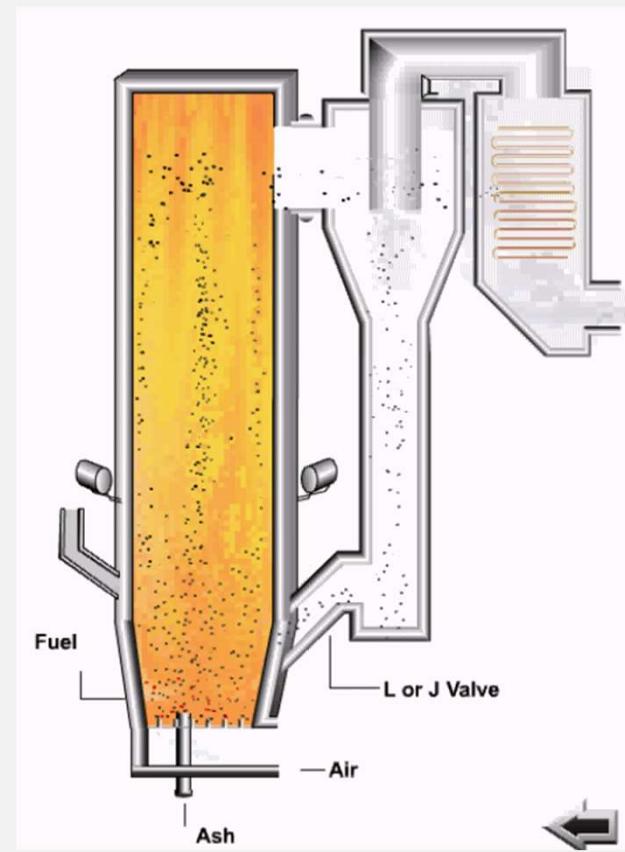
Figure 2.12 Chain-grate overfeed stoker.

Lecho móvil



<https://youtu.be/UVhW9q xen7A>

Lecho móvil



Lecho fluidizado



Lecho fluidizado: Universidad de Aveiro Portugal

Conversion termoquímica

Mario Salgado | PhD Energy Systems
and Climate Change | IRITHESys | CESAM

email : heredia.mario@ua.pt

